

**Ana Carmen dos Santos**

**Aproveitamento de Subprodutos da Industrialização do Escagot**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, como pré-requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Lúcia de Medeiros Lula da Mata (PPGEQ/UFRN)

**Co – orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Odelsia Leonor Sanchez de Alsina (UFPB)

**Natal/RN**

**Setembro/2002**

**SANTOS**, Ana Carmen – Aproveitamento de subprodutos da Industrialização do Escargot. Dissertação de Mestrado, UFRN, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Área de Concentração: Alimentos e Biotecnologia, Natal/RN, Brasil.

**Orientadoras:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia de Medeiros Lula da Mata

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Odelsia Leonor Sanchez de Alsina

---

## **RESUMO**

O descarte nas indústrias de processamento de escargot é muito grande. Este é composto basicamente de carne de escargot fora dos padrões de comercialização e as vísceras (hepatopâncreas). Diante deste contexto, viu-se a necessidade de se aproveitar estes subprodutos. Uma possibilidade seria a utilização da secagem como forma de reaproveitamento. O presente trabalho tem por objetivo um estudo de aproveitamento de subprodutos da industrialização do escargot através da secagem.

As amostras foram transformadas em pastas, através de um processador doméstico por aproximadamente 1 minuto e compactadas em bandejas de alumínio sem perfurações com três alturas diferentes (5 mm, 10 mm e 15 mm). A secagem foi realizada em um secador de bandeja com circulação de ar e fluxo transversal a uma velocidade de 0,2 m/s e três níveis de temperatura (70 °C, 80 °C e 90°C).

Um estudo da cinética de secagem, das curvas obtidas e dos coeficientes de transferência de calor e massa foi realizado bem como, a análise dos procedimentos experimentais através de um planejamento experimental do tipo fatorial 2<sup>2</sup> e análises físico-químicas e microbiológicas dos subprodutos *in natura* e desidratados.

Na secagem, foi observado o predomínio das resistências externas à transferência de massa e calor no período de taxa constante influenciada pela temperatura. As taxas de evaporação indicaram um controle misto da transferência de massa para o caso das camadas mais espessas. A constante de secagem teve seu comportamento influenciado pela temperatura e espessura, aumentando e diminuindo, respectivamente, como era de se esperar.

A análise estatística dos resultados, de acordo com o planejamento fatorial 2<sup>2</sup>, mostrou que as fissuras, o encolhimento da área de transferência e a formação de uma crosta sobre a superfície pode ter contribuído para o afastamento e a falta de ajuste do modelo linear proposto. A temperatura e a espessura influenciaram significativamente nas variáveis respostas estudadas: taxa de evaporação e constante de secagem. Foram obtidos modelos estatisticamente significativos e preditivos para taxa de evaporação tanto para carne como para as vísceras (hepatopâncreas).

---

**PALAVRAS CHAVE**

Escargot, Cinética de Secagem, Planejamento Experimental, Secador de bandeja, desidratação.

---

**BANCA EXAMINADORA:**

Presidente:

\_\_\_\_\_  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia de Medeiros Lula da Mata

Membros:

\_\_\_\_\_  
Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. Maria de Fátima Dantas de Medeiros

\_\_\_\_\_  
Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup> Odelsia Leonor Sanchez de Alsina

\_\_\_\_\_  
Prof<sup>o</sup>. Dr. Gabriel Francisco da Silva

Data de defesa: 30 de setembro de 2002

---

## ABSTRACT

---

The waste in the industries of escargot processing is very big. This is composed basically of escargot meat out of the commercialization patterns and the visceras. In this context, there is a need to take advantage to the use of these sub-products. A possibility should be drying them and transforming them in a certain form to be reused. Then, the present work has the objective of studying the reutilization of the sub-products of the escargot industrialization for by means of drying process.

The samples were transformed in pastes, through a domestic processor for approximately 1 minute and compacted in trays of aluminum without perforations with three different heights (5 mm, 10 mm and 15 mm). The drying was accomplished in a tray dryer with air circulation and transverse flow at a speed of 0,2 m/s and three temperature levels (70°C, 80°C and 90°C).

A drying kinetics study was accomplished for the obtained curves and for the heat and mass transfer coefficients using experimental procedures based in an experimental planning of 2<sup>2</sup> factorial type. Microbiological and physiochemical analysis were also accomplished for the in nature and the dehydrated sub-products.

In the drying process, it was observed the great importance of the external resistances to the mass transfer and heat in the period of constant tax influenced by the temperature. The evaporation taxes indicated a mixed control of the mass transfer for the case of the thickest layers. As already expected, the drying constant behavior was influenced by the temperature and thickness of the medium, increasing and decreasing.

The statistical analysis of the results, in agreement with the factorial planning 2<sup>2</sup>, showed that the fissures, the shrinking of the transfer area and the formation of a crust on the surface might have contributed to the differences between the practical results and the linear model proposed. The temperature and the thickness influenced significantly in the answers of the studied variables: evaporation tax and drying constant. They were obtained significant statistical models and predictive ones for evaporation tax for the meat as well as for the visceras.

---

### **KEYWORDS**

Escargot, Drying Kinetics, Experimental Planning, Tray Dryer, Dehydration.

---

## AGRADECIMENTOS

A Deus que me permitiu a conclusão de mais uma etapa da minha vida.

Aos meus pais, as minhas irmãs e Sidney pelo amor e carinho a mim dedicados durante esse caminho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, à Base de Tecnologia de Alimentos e Biotecnologia e a CAPES pelo apoio financeiro.

A minhas orientadoras Ana Lúcia e Odelsia pela paciência e confiança na realização desta tese.

A Prof<sup>a</sup> Dra. Margarida Magalhães e a Prof<sup>a</sup> Dra. Fátima Medeiros pela grande ajuda a mim dispensada.

Aos Bolsistas de Iniciação Científica, Marina e Daniel que contribuíram para a realização deste trabalho.

Aos meus amigos que me ajudaram e contribuíram direta e indiretamente para a realização deste trabalho.

A todos que fazem parte do Laboratório de Nutrição Animal (Departamento de Agropecuária) pela colaboração e por disponibilizarem o seu laboratório para a realização de algumas análises.

# SUMÁRIO

<b>Nomenclatura</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>vii</b>
<b>Lista de tabelas</b>	<b>ix</b>
<b>Capítulo 1 – Introdução</b>	<b>2</b>
<b>Capítulo 2 – Aspectos teóricos</b>	<b>5</b>
2.1 – Escargot	5
2.1.1 - Histórico	5
2.1.2 - Morfologia	7
2.1.3 – Propriedades Físico-Químicas	12
2.1.4 – Estudo sobre o escargot	16
2.2 – Secagem	20
2.2.1- Histórico	20
2.2.2 – Conceitos fundamentais	22
2.2.3 – Curvas de Secagem	24
2.2.4 – Cinética de Secagem	26
<b>Capítulo 3 – Metodologia Experimental</b>	<b>33</b>
3.1 - Matéria-prima	33
3.2 – Procedimento Experimental	33
3.2.1 – Preparação da matéria-prima para a secagem	35
3.2.2 – Planejamento Experimental	35
3.2.3 – Ensaio de secagem	37
3.3 – Métodos Analíticos	37
3.3.1 – Análises físico-químicas	37
3.3.2 – Análise microbiológica	39
3.4 – Tratamentos dos Dados	39

---

<b>Capítulo 4 – Resultados e Discussões</b>	<b>42</b>
4.1 – Caracterização Físico-químicas	42
4.1.1 – Umidade	42
4.1.2 – pH	43
4.1.3 – Proteínas	43
4.1.4 – Cinzas	44
4.1.5 - Gorduras	45
4.2 – Análise Microbiológica	46
4.3 – Secagem na Estufa	47
4.3.1 – Reprodutibilidade dos ensaios	47
4.3.2 – Curvas de Secagem	48
4.3.3 – Período de taxa constante	51
4.3.4 – Período de taxa decrescente	54
4.3.4.1 – 1º Período de taxa decrescente	57
4.3.4.2 – 2º Período de taxa decrescente	60
4.4 – Planejamento Experimental 2 <sup>2</sup>	64
4.4.1 – Análise dos resultados dos ensaios de secagem	64
4.4.1.1 – Período de taxa constante	64
4.4.1.2 – Período de taxa decrescente	67
4.4.1.3 – Análise dos efeitos	71
4.4.2 – Análise de regressão dos modelos estatísticos	73
4.4.3 – Análise das superfícies de resposta	83
<b>Capítulo 5 – Conclusões e Sugestões</b>	<b>86</b>
5.1 – Conclusões	86
5.2 – Sugestões para trabalho futuro	87
<b>6- Bibliografias</b>	<b>89</b>
<b>Apêndice I – Tabelas Estatísticas</b>	<b>93</b>

## NOMENCLATURA

$A$	Área superficial das amostras ( $m^2$ );
$D_{ef}$	Coefficiente de difusão constante ( $m^2/s$ );
$D$	Diâmetro (m);
$h$	Coefficiente de transferência de calor ( $Watts/m^2\text{°C}$ );
$l$	Espessura da amostra (m);
$M$	Taxa de evaporação (kg/s);
$K_h$	Coefficiente de transferência de massa ( $kg/m^2s$ );
$t$	tempo (s);
$T$	Temperatura da estufa ( $^{\circ}C$ );
$T_s$	Temperatura de bulbo úmido ( $^{\circ}C$ );
$U_{sat}$	Umidade absoluta média de saturação do ar (kg/kg ar seco);
$U_{abs}$	Umidade absoluta média do ar (kg/kg ar seco);
$u_{eq}$	Umidade de Equilíbrio (g/g base seca);
$u_c$	Umidade Crítica (g/g base seca);
$\Delta H$	Entalpia de vaporização da água, estimada à temperatura de bulbo úmido.(J/kg)
$w_{const.}$	coeficiente angula.



## Lista de Figuras

Figura 2.1. Estrutura de um escargot.	8
Figura 2.2. Esquema simplificado de transferência.	23
Figura 2.3. Diagrama simplificado do transporte de umidade	24
Figura 2.4. Teor de umidade em função do tempo	25
Figura 2.5. Velocidade de secagem em função do teor de umidade	25
Figura 3.1. Etapas do procedimento experimental	34
Figura 4.1. Reprodutibilidade do ensaio 1 – secagem da carne de escargot.	48
Figura 4.2. Reprodutibilidade do ensaio 4 - secagem do hepatopâncreas.	48
Figura 4.3. Curva de secagem da carne do escargot. (70 °C e 5 mm).	49
Figura 4.4. Taxa de variação da umidade em função da umidade para a carne do escargot (70 °C e 5 mm).	49
Figura 4.5. Curva de secagem do hepatopâncreas (90 ° e 15 mm).	50
Figura 4.6. Taxa de variação da umidade em função da umidade para o hepatopâncreas (90°C e 15 mm).	50
Figura 4.7. Perda de massa durante o período de taxa constante de secagem da carne do escargot (70°C e 5mm).	51
Figura 4.8. Perda de massa durante o período de taxa constante de secagem de Hepatopâncreas 90°C e 15 mm).	52
Figura 4.9. Período de taxa decrescente para o escargot (70°C e 5 mm).	55
Figura 4.10. Período de taxa decrescente para o Hepatopâncreas (90°C e 15 mm).	55
Figura 4.11. Estimativa da constante de secagem para o 1º período de taxa decrescente do escargot (70°C e 5 mm).	57
Figura 4.12. Estimativa da constante de secagem para o 1º período de taxa decrescente do hepatopâncreas (90°C e 15 mm).	58
Figura 4.13. Estimativa da constante de secagem para o 2º período de taxa decrescente do escargot (70°C e 5 mm).	60
Figura 4.14. Estimativa da constante de secagem para o 2º período de taxa decrescente do hepatopâncreas (90°C e 15 mm).	61

Figura 4.15. Valores observados versus valores preditos para a taxa de evaporação na carne do escargot.	75
Figura 4.16. Distribuição dos resíduos para a taxa de evaporação na carne de escargot.	76
Figura 4.17. Valores observados versus valores preditos para a constante de secagem no 1º período na carne do escargot.	77
Figura 4.18. Distribuição dos resíduos para a constante de secagem na carne de escargot.	77
Figura 4.19. Valores observados versus valores preditos para a taxa de evaporação no hepatopâncreas.	78
Figura 4.20. Distribuição dos resíduos para a taxa de evaporação no hepatopâncreas.	79
Figura 4.21. Valores observados versus valores preditos para a cte de secagem no 1º período no hepatopâncreas.	80
Figura 4.22. Distribuição dos resíduos para a cte. de secagem para o 1º período no hepatopâncreas.	80
Figura 4.23. Valores observados versus valores preditos para a cte de secagem no 2º período no hepatopâncreas.	81
Figura 4.24. Distribuição dos resíduos para a cte. de secagem para o 2º período no hepatopâncreas.	82
Figura 4.25. Superfície de resposta para a taxa de evaporação na carne de escargot.	83
Figura 4.26. Superfície de resposta para a taxa de evaporação no hepatopâncreas.	84

## Lista de Tabelas

Tabela 2.1. Condições ótimas de criação.	10
Tabela 2.2. Espécies de escargot.	11
Tabela 2.2. Espécie de escargot (continuação)	12
Tabela 2.3. Composição físico-química do escargot e hepatopâncreas	13
Tabela 2.4. Valor nutritivo do escargot.	14
Tabela 2.5: Composição em Aminoácidos Essenciais de Alimentos ( g/ 100g de proteínas) e Resultados das Análises do Escargot e do Hepatopâncreas	15
Tabela 3.1. Planejamento experimental para a carne do escargot.	36
Tabela 3.2. Planejamento experimental para o hepatopâncreas	36
Tabela 4.1. Resultado da determinação da umidade na carne e no hepatopâncreas do escargot.	42
Tabela 4.2. Resultados da medida de pH nas amostras <i>in natura</i> e desidratadas.	43
Tabela 4.3. Resultados da determinação de proteínas encontradas nas amostras <i>in natura</i> e desidratadas em estufa a várias temperaturas e espessuras.	44
Tabela 4.4. Resultados da determinação de cinzas.	45
Tabela 4.5. Resultados da determinação de lipídeos nas amostras <i>in natura</i> e desidratada.	45
Tabela 4.6. Resultado da análise microbiológica para a carne <i>in natura</i> e desidratada.	46
Tabela 4.7. Resultado da análise microbiológica para o hepatopâncreas <i>in natura</i> e desidratada.	47
Tabela 4.8. Taxa de evaporação representada pelo coeficiente angular das retas ajustadas para o escargot.	52
Tabela 4.9. Taxa de evaporação representada pelo coeficiente angular das retas ajustadas para o Hepatopâncreas.	53
Tabela 4.10. Coeficientes de transferência obtidos para o período de taxa constante no hepatopâncreas na 2º etapa.	54
Tabela 4.11. Coeficientes de transferência obtidos para o período de taxa constante na carne do escargot na 2º etapa..	54
Tabela 4.12. Umidades crítica (base seca) e de equilíbrio para o escargot e hepatopâncreas.	56

Tabela 4.13. Constante de secagem representada pelo coeficiente angular da reta ajustada para o escargot no 1º período de taxa decrescente.	59
Tabela 4.14. Constante de secagem representada pelo coeficiente angular da reta ajustada para o hepatopâncreas no 1º período de taxa decrescente.	59
Tabela 4.15. Constante de secagem representada pelo coeficiente angular da reta ajustada para o escargot no 2º período de taxa decrescente.	62
Tabela 4.16. Constante de secagem representada pelo coeficiente angular da reta ajustada para o hepatopâncreas no 2º período de taxa decrescente.	62
Tabela 4.17. Matriz das variáveis independentes codificadas e variáveis dependentes para os ensaios de secagem da carne do escargot.	64
Tabela 4.18. Matriz das variáveis independentes codificadas e variáveis dependentes para os ensaios de secagem do hepatopâncreas.	64
Tabela 4.19. Estimativa dos efeitos para a taxa de evaporação da carne do escargot.	66
Tabela 4.20. Estimativa dos efeitos para a taxa de evaporação do hepatopâncreas.	66
Tabela 4.21. Matriz das variáveis independentes codificadas e variáveis dependentes para os ensaios de secagem da carne do escargot no 1º período de taxa decrescente.	67
Tabela 4.22. Matriz das variáveis independentes codificadas e variáveis dependentes para os ensaios de secagem do hepatopâncreas no 1º período de taxa decrescente.	68
Tabela 4.23. Estimativa dos efeitos para a constante de secagem da carne do escargot para o 1º período de taxa decrescente.	68
Tabela 4.24. Estimativa dos efeitos para a constante de secagem do hepatopâncreas para o 1º período de taxa decrescente.	69
Tabela 4.25. Matriz das variáveis independentes codificadas e variáveis dependentes para os ensaios de secagem do hepatopâncreas no 2º período de taxa decrescente.	70
Tabela 4.26. Estimativa dos efeitos para a constante de secagem do hepatopâncreas para o 2º período de taxa decrescente.	70
Tabela 4.27. Estimativa dos efeitos para a taxa de evaporação e a constante de secagem na carne de escargot.	71
Tabela 4.28. Estimativa dos efeitos para a taxa de evaporação e a constante de secagem na carne de hepatopâncreas.	72
Tabela 4.29. Resultados da análise de regressão para a carne de escargot.	74
Tabela 4.30. Resultados da análise de regressão para o hepatopâncreas.	74

---

Tabela I.1. Tabela estatística para a carne do escargot no 1º período de taxa decrescente.	93
Tabela I.2. Tabela estatística para a carne do escargot no período de taxa constante.	93
Tabela I.3. Tabela estatística para o hepatopâncreas no 1º período de taxa decrescente.	93
Tabela I.4. Tabela estatística para o hepatopâncreas no 2º período de taxa decrescente.	94
Tabela I.5. Tabela estatística para o hepatopâncreas no período de taxa constante.	94

---

**Capitulo 1**  
**Introdução**

---

# 1. INTRODUÇÃO

Desde a pré-história o homem utiliza, como alimento, muitos moluscos tais como mariscos, mexilhões, ostras, lulas e polvos que ainda hoje constituem pratos bastante apreciados em diversos países, dentre eles o Brasil. Os escargots conquistaram grande número de apreciadores em todo o mundo e, só na França, cerca de 200 mil pessoas tem na criação a sua principal fonte de renda. O crescente aumento do consumo dessa iguaria pelos brasileiros tem despertado o interesse de criadores e produtores nacionais de escargot, surgindo desta forma, uma nova cultura até então desconhecida pela maioria dos brasileiros: a Helicicultura (Barbosa e Salgado, 2001).

No Brasil, o surgimento de indústrias de processamento deste produto na forma congelada ou em conserva está em expansão e atingindo, com sucesso, o mercado nacional e internacional. Grande parte dessas indústrias trabalham com criações próprias ou em parceria com outros criadores que são estimulados com o fornecimento de matrizes, ração e caixas criatórias além de serem orientados através de cursos de criação e assistência técnica permanente (Medeiros et ali, 2000).

Com o aparecimento dessas indústrias e com um consumo crescente deste produto, o interesse por estudos, no que diz respeito não só as suas propriedades nutricionais, começaram a ser desenvolvidos. No processamento do escargot, as vísceras (hepatopâncreas) e a carne fora do padrão para comercialização são descartadas em grandes quantidades, tornado-se rejeitos industriais. Dentro deste contexto, surgiu o interesse em se pesquisar formas de aproveitamento para estes descartes. A Base de Pesquisa em Alimentos e Biotecnologia, a partir de uma demanda formal de uma indústria local, iniciou então o desenvolvimento de estudos com estes produtos.

Pesquisas preliminares foram realizadas no laboratório de Tecnologia de Alimentos do DEQ/UFRN, acerca das propriedades nutricionais destes subprodutos. Os resultados obtidos mostraram que estes apresentam uma excelente composição nutricional favorecendo a continuação do estudo em relação ao seu aproveitamento. Como o grupo envolvido com a referida pesquisa, tradicionalmente vem trabalhando na linha de desenvolvimento de produtos

desidratados, utilizando matérias-primas variadas (frutas, legumes, hortaliças), foi decidido então pesquisar o aproveitamento da carne e do hepatopâncreas do escargot, em sua forma desidratada.

O presente trabalho tem, portanto, como objetivo principal, o desenvolvimento de um estudo experimental para o aproveitamento dos subprodutos da industrialização do escargot, na sua forma desidratada.



---

## **Capítulo 2**

### **Aspectos Teóricos**

---

## 2. ASPECTOS TEÓRICOS

### 2.1 - Escargot

#### 2.1.1 – Histórico

Através de descobertas arqueológicas foi comprovado que desde a pré-história o homem usava o escargot na sua alimentação. Os arqueólogos encontraram, próximo as cavernas do homem pré-histórico, depósitos de conchas de 10 a 200 metros de comprimento com 1 a 1,5 m de altura indicando que o escargot era largamente consumido. Os principais achados ocorreram na Dinamarca, na Sicília, no Marrocos e na Tunísia. Pacheco e Lima (2000), lembram que nessa fase da evolução humana, quando o homem era mais presa do que predador, os moluscos terrestres representavam uma opção alimentar sem riscos, ao contrário da caça de aves e mamíferos.

Os gregos, assim como os romanos, foram grandes apreciadores deste molusco. Para os primeiros, era considerado uma fina iguaria existindo até talheres especiais para consumi-lo à mesa. Já os romanos, criavam os escargots que eram consumidos em todas as camadas sociais.

Em Roma existia o *Cochlearium vivaria*, criado por Fulvio Hirpinus, onde eram criadas várias espécies desse molusco, cuja qualidade e sabor da carne variam em cada espécie. Era uma verdadeira indústria, na qual se tinha uma preocupação tanto na criação como no melhoramento e seleção das espécies e variedades, escolhendo para reprodução aqueles que apresentavam carne mais fina delicada, dando-lhes alimentação apropriada.

O elitismo que marcou esse alimento também é antigo, pois segundo um levantamento arqueológico do acampamento de uma legião romana acantonada na antiga Gália, hoje França, o escargot era um prato exclusivo dos oficiais romanos. Desde aquela época acreditava-se que a sua carne tinha propriedades afrodisíacas. Os primeiros cristãos usavam o desenho do caracol para representar a proliferação da vida e a capacidade de reprodução.

Na Idade Média, os monges contribuíram bastante para a difusão do escargot, pois era permitido o seu consumo pela igreja na época da quaresma. Dessa forma, animais desse gênero foram introduzidos na Suíça e Alemanha por serem de fácil transporte. Depois de um período em baixa, o seu consumo foi reativado, especialmente como alimento durante as vigílias religiosas, sendo criados em torno de mosteiros e utilizados, principalmente, durante a quaresma.

Em Gana, assim como em outros países da África, ele não é apenas uma fonte protéica muito consumida, mas está também associado à tradição e a rituais religiosos. Assim, como alimento, o escargot ocupa um lugar de destaque, sendo um prato bastante apreciado pelos gastrônomos.

Por muito tempo, a sua criação, mesmos naqueles países em que o consumo é uma tradição milenar, limitou-se a capturar os animais em seu habitat natural e engordá-los em grandes parques abertos, preparando-os para a comercialização e consumo em curto espaço de tempo. Só com a ameaça de extinção de algumas espécies capturadas em grandes quantidades durante anos, foi que a partir dos anos setenta, se intensificaram as tentativas de se obter criações em seu ciclo completo e em todas as suas fases nos principais países de elevada apreciação.

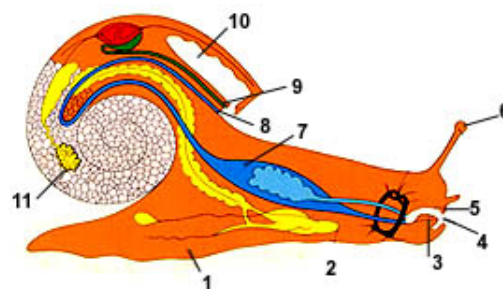
No final do século passado, aumentou o seu consumo pelo homem, crescendo o número de apreciadores, o que levou a uma grande perigo de extinção de algumas espécies, especialmente no continente europeu. Hoje, na Europa, a captura de escargots é limitada por normas que devem ser observadas para que se evite o aniquilamento das espécies, enquanto cresce a criação destes animais em cativeiro para que se obtenha o produto sem que se ponha em risco sua permanência na natureza.

Com altos e baixos em seu consumo através dos tempos, pertencendo ora aos hábitos alimentares das camadas mais pobres da população, ora aos de maior poder aquisitivo, os escargots foram utilizados como alimento, como medicamento e até como cosmético. Sua utilização como medicamento e a crença de que apresenta propriedades terapêuticas tem origem, provavelmente, no fato do molusco manifestar preferência por ervas com propriedades medicinais: sua carne reteria os princípios ativos das plantas medicinais com que se alimentam.

Atualmente, o mercado europeu está inclinado a experimentar sabores novos como carnes de avestruz, javali, jacaré, tartaruga, tracajá, além de intensificar o consumo deste molusco. No Brasil, os escargots constituem um prato clássico, variando sua preparação de acordo com a cozinha usada. Na Espanha e em Portugal, ele é consumido, comumente, em bares como petisco, frito ou empanado, acompanhando cerveja. Famoso como iguaria, o escargot é também alimento do camponês europeu, inclusive na França. A Itália possui, hoje, 6.600 fazendas profissionais de escargot, porém a sua produção não consegue atender a demanda do mercado interno, sendo o restante importado.

### 2.1.2- Morfologia

O escargot é um molusco herbívoro terrestre comestível das famílias *Achatinidae* (África) e *Helicidae* (Europa). Apresenta um corpo mole viscoso, uma concha formada principalmente de cálcio, e sua respiração é feita através dos pulmões e pela pele (respiração cutânea). Tem um único pé do tamanho do próprio ventre e só anda para frente a uma velocidade máxima de 10 metros por hora. É hermafrodita incompleto, ou seja, possui os dois sexos, mas não se autofecunda. Assim, precisa de um parceiro e ambos se fecundam ao mesmo tempo numa cópula que dura de dez a doze horas seguidas. A maturidade sexual é alcançada no final do primeiro ano de vida e a partir daí, cada sobrevivente estará apto a reproduzir-se e gerar milhares de novos descendentes. A Figura 2.1 mostra em detalhes toda estrutura deste molusco.



- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| 1 – Pé               | 7 – Estômago       |
| 2 - Orifício Genital | 8 – Ânus           |
| 3 – Rádula           | 9 - Canal Excretor |
| 4 – Boca             | 10 –Pulmão         |
| 5 – Mandíbula        | 11 -Gônada         |
| 6 - Tentáculos       | Hermafrodita       |

<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: red; border: 1px solid black;"></span> Coração	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></span> Glândulas Salivares
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: green; border: 1px solid black;"></span> Rim	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> Aparelho Genital
<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: blue; border: 1px solid black;"></span> Aparelho Digestivo	<span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: pink; border: 1px solid black;"></span> Fígado/Hepatopâncreas

Figura 2.1. Estrutura de um escargot.

A família *Achatinidae*, de origem centro africana, é encontrado nas regiões de florestas tropicais úmidas e apresenta ampla distribuição tanto na África como na Ásia, mostrando-se extremamente adequada para regiões tropicais, preferindo temperaturas acima de 23 °C. A família *Helicidae*, de ocorrência natural, no continente europeu, tem como faixa de conforto térmico 18 a 20 °C (Revista Higiene Alimentar, 1998).

De acordo com Lima e Pacheco (2000), *Achatina fulica* ou Gigante Chinês, espécie de molusco em estudo nesta tese, é a mais rústica e tem uma carne mais escura do que a espécie européia. Resiste mais ao clima tropical brasileiro e apresenta uma produtividade bem maior podendo ter seis posturas ao ano, com até 500 ovos cada. Esta espécie foi introduzida em grande parte dos países tropicais e subtropicais indo-pacífico, além de atingir mais de uma centena de outras localidades, incluindo os Estados Unidos, Formosa, Filipinas, Nova Guiné e China (Revista Ciência Hoje, 2001). Em 1999, através de pesquisas inglesas, o *Achatina* foi considerada

possuidora da carne de maior qualidade nutricional que as concorrentes francesas (como o *petit-gris* e o *gros-gris*) ([http://orbita.starmedia.com/fabio\\_geber/Conhecer.htm](http://orbita.starmedia.com/fabio_geber/Conhecer.htm)).

A técnica utilizada para a criação deste molusco é chamada de Helicicultura e o local de criação é chamado de Heliciário. Esses termos são derivados do gênero *Helix* da família *Helicidae*. Esta cultura também chamada de pecuária alternativa apresenta algumas vantagens como: baixo investimento; pouco espaço físico; requer pouco tempo de cuidado; não exalam maus odores, não fazem barulhos e o retorno financeiro ocorre em apenas seis meses ([http://orbita.starmedia.com/fabio\\_geber/Conhecer.htm](http://orbita.starmedia.com/fabio_geber/Conhecer.htm)).

Para se ter sucesso na criação, é preciso que o criador otimize os parâmetros fundamentais para o desenvolvimento e sobrevivência dos escargots. São eles: temperatura, umidade relativa do ar, fotoperíodo e iluminação, densidade (número de animais por m<sup>2</sup>), solo, insolação, ventos e sanidade do meio. A Tabela 2.1 mostra as condições ótimas para a criação.

Tabela 2.1. Condições ótimas de criação.

<b>Parâmetros</b>	<b>Condições</b>	<b>Observações</b>
Temperatura	20 °C – 32 °C	Dependendo da espécie criada.
Umidade Relativa do Ar	80 a 85 %	É necessário um equilíbrio constante entre o teor de água de seus tecidos e a U.R. do meio ambiente.
Fotoperíodo e Iluminação	superior a 15 horas	Estimula a atividade, sobretudo o crescimento e a reprodução.
Densidade	Para a engorda: 100 a 120 juvenis/m <sup>2</sup>  Para reprodução: 60 a 80 matrizes/m <sup>2</sup>	Estes valores dependem das espécies criada.
Solo	Solos neutros (pH 7) e/ou correção com calcáreo dolomítico.	Tais solos devem ser compostos por uma mistura de 50% latossol vermelho amarelo + 50% de areia média.
Insolação	Não expor diretamente aos raios solares.	A exposição direta aos raios solares desidrata-os em pouco tempo, causando-lhes a morte.
Ventos	Não expor os escargot ao vento.	O vento provoca ressecamento dos tecidos corpóreos (são muito vulneráveis).
Sanidade do Meio	Os heliários devem ser bastante aerados e, sobretudo construídos em locais livres de poluição do ar, da terra e da água	O uso indiscriminado de antibióticos, inseticidas e agrotóxicos pode causar a morte dos animais como também contaminar sua carne tornando-a imprópria para o consumo.

Fonte: <http://intermega.globo.com/helicicultura/apacescargot.html>

Atualmente no Brasil, existem algumas espécies criadas e comercializadas são elas: *Achatina fulica* (gigante africano), *helix aspersa máxima* (Gros-gris), *Achatina monocromática* (gigante branco), *Pomacea lineata* (aruá) e o *Megalobulimus spp* (caramujo-do-mato ou ibi). As duas primeiras são mais encontradas nas regiões sudeste e sul. A Tabela 2.2 mostra algumas espécies de escargot criadas e comercializadas no país.

Tabela 2.2. Espécies de escargot.

Espécie	Comentário
<i>Achatina Fulica:</i>	Além da resistência ao calor, a espécie <i>Achatina fulica</i> tem outras vantagens sobre os europeus: é mais prolífica, apresenta maior rusticidade, tamanho, cresce mais rápido levando menos tempo para atingir porte comercial e desenvolve-se muito bem em regiões de clima quente.
<i>Helix aspersa máxima:</i>	Muito prolífera e com ótima aceitação no mercado externo e interno. É indicado para criação em regiões com climas temperados e frios. Sua cor varia de acordo com o ambiente onde vive, indo do amarelo ao cinza esverdeado.
<i>Achatina monocromática</i>	Estudos ainda estão sendo feitos sobre a biologia dessa espécie. Oriunda da Costa do Marfim se encontra em extinção devido ao alto consumo que sofre pelas suas elevadas qualidades gustativas.

Fonte: <http://intermega.globo.com/helicicultura/apacescargot.html>



Tabela 2.2. Espécies de escargot. (continuação)

Espécie	Comentário
<i>Pomacea lineata</i>	Molusco de água doce muito apreciado na alimentação humana, principalmente na região norte do país, os aruás são tidos como prato especial nas áreas onde aparecem abundantemente, servindo de alimentação de subsistência aos nordestinos, quando em época de seca.
<i>Megalobulinus spp</i>	Moluscos do gênero <i>Megalobulinus</i> do qual existem, aproximadamente 40 espécies na fauna brasileira. As dimensões variam de 5 a 10cm de comprimento e, em alguns casos, atinge 13cm.

Fonte: <http://intermega.globo.com/helicicultura/apacescargot.html>

### 2.1.3- Propriedades Físico-químicas

De acordo com Philipson (1991) citado por Saldanha et alli (2001), se o homem voltasse sua atenção aos invertebrados poderia dispor de 20 vezes mais proteínas do que se obtém a partir de mamíferos superiores. Dentro deste contexto, Saldanha et alli (2001) citam Pacheco e Martins (1998) que prevêm que a heliocultura (criação de escargot), principalmente a criação da espécie *Achatina fulica*, por sua rusticidade e adaptação, representa a exploração de um animal que aliado as propriedades nobres da carne pode apresentar um dos maiores índices de produção de alimento (carne) por área.

Por ser um produto barato e de alta qualidade, tanto nutricional quanto em relação ao flavor e a textura, o seu consumo é muito popular em alguns países da Ásia. Estudos demonstraram que, na Nigéria, seu consumo vem aumentando junto às populações menos favorecidas, onde a eficiência de fontes protéicas baratas e disponíveis torna-se inevitável (Saldanha et alli, 2001).

Para componentes minerais e aminoácidos a carne do escargot apresenta elevados valores de Ca, Mg, Zn e Fe, associados a aminoácidos em disponibilidade como ácido aspártico, ácido glutâmico e leucina, entre outros, sendo que para o Ca e o Mg a espécie *Achatina fulica* é superior em 27 e 46%, respectivamente (Revista Higiene Alimentar, 1998). De acordo com Saldanha (2001), esse alimento caracteriza-se principalmente, pelo baixo teor em lipídeos e elevado conteúdo em ácidos graxos poliinsaturados, se comparado a carne de outros animais. A sua composição química assemelha-se a maior parte dos peixes de água doce.

A Tabela 2.3 apresenta a composição físico-química do escargot e hepatopâncreas. A composição do escargot está em concordância com os dados da literatura. Não foram encontrados dados relativos a composição do hepatopâncreas.

Tabela 2.3. Composição físico-química do escargot e hepatopâncreas.

<b>Material</b>	<b>Umidade (%)</b>	<b>Proteínas (%)</b>	<b>Lipídeos (%)</b>
<b>Escargot</b>	79.62	12.93	2.81
<b>Escargot (lit)</b>	72 a 80	±13.00	±0.80
<b>Hepatopâncreas</b>	73.34	20.81	6.07

Fonte: Parecer Técnico – Millenium (Medeiros, 2000).

A Tabela 2.4 apresenta dados de valor nutritivo do escargot em relação a outras carnes animais.

Tabela 2.4. Valor nutritivo do escargot

	<b>Escargot</b>	<b>Boi</b>	<b>Frango</b>	<b>Peixe</b>	<b>Ostra</b>
<b>Lipídios (%)</b>	<b>0,5 - 0,8</b>	11,5	12	1,5	1,1
<b>Calorias /100g</b>	<b>60 - 80</b>	163	120	70	65
<b>Proteínas (%)</b>	<b>13,5</b>	22,1	18,5	15	12
<b>Água (%)</b>	<b>83,8</b>	72	70,6	81	82
<b>Sais Minerais (%)</b>	<b>1,9</b>	0,9	0,8	0,26	-

Fonte: [http://orbita.starmedia.com/fabio\\_geber/Conhecer.htm/](http://orbita.starmedia.com/fabio_geber/Conhecer.htm/)

Os alimentos protéicos têm como função dietética principal fornecer aminoácidos à manutenção e síntese das proteínas, base do arcabouço estrutural de todas as células. Substâncias nitrogenadas complexas, as proteínas se desdobram no organismo em substâncias químicas mais simples, os aminoácidos. Dos aminoácidos conhecidos, alguns são essenciais a vida. O valor nutritivo dos alimentos protéicos é avaliado em função da concentração de aminoácidos essenciais presentes nos mesmos. Em geral a concentração de aminoácidos essenciais é mais elevada nos alimentos de origem animal do que nos de origem vegetal. São consideradas completas as proteínas que contém todos os aminoácidos essenciais, presentes em quantidades

suficientes (Medeiros, 2000). Na Tabela 2.5, apresenta-se os resultados relativos às concentrações dos aminoácidos essenciais encontrados no escargot e no hepatopâncreas, onde foram detectados quantidades presentes de 8 aminoácidos essenciais. Estes dados são comparados com dados de concentração de aminoácidos essenciais de uma série de alimentos.

Tabela 2.5: Composição em Aminoácidos Essenciais de Alimentos ( g/ 100g de proteínas) e Resultados das Análises do Escargot e do Hepatopâncreas

<b>Material</b>	<b>HIS</b>	<b>THR</b>	<b>VAL</b>	<b>LEU</b>	<b>ILE</b>	<b>LYS</b>	<b>MET</b>	<b>PHE</b>	<b>TRP</b>
<b>Hepatopâncreas</b>	0,32	0,53	0,45	0,89	0,44	0,76	0,23	0,49	-
<b>Escargot</b>	0,28	0,96	0,42	0,86	0,40	0,80	0,12	0,44	-
<b>Carne bovina</b>	0,33	0,44	0,51	0,78	0,52	0,86	0,27	0,39	0,1
<b>Fígado animal</b>	0,25	0,53	0,60	0,84	0,48	0,70	0,32	0,61	0,15
<b>Ovo inteiro</b>	0,21	0,49	0,70	0,90	0,62	0,61	0,33	0,56	0,11
<b>Peixe</b>	0,26	0,47	0,60	0,95	0,65	0,90	0,32	0,44	0,12
<b>Farinha de soja</b>	0,29	0,39	0,53	0,80	0,60	0,68	0,17	0,53	0,14
<b>Feijão</b>	0,22	0,39	0,48	0,60	0,40	0,35	0,17	0,60	0,13

**Legenda:** HIS – Histidina; THR – Tirosina; VAL – Valina; LEU – Leucina; ILE – Isoleucina; LYS – Lisina; MET – Metionina; PHE – Fenilalanina; TRP – Triptofano.

**Fonte:** Parecer Técnico – Millenium (Medeiros, 2000).

Conforme se observa na Tabela 2.5, excetuando-se o triptofano, não analisado no aminograma todos os demais aminoácidos essenciais estão presentes tanto no escargot como no hepatopâncreas, em quantidades compatíveis com as encontradas em alimentos considerados de elevado valor protéico.

O mercado consumidor está sempre em busca de alimentos que tragam benefícios à saúde. O escargot é considerado um desses alimentos, pois entre outros benefícios:

- a) Reduz o colesterol,
- b) Ajuda a evitar inflamações e retenção de urina,
- c) Faz bem à pele,

- d) Regula a pressão,
- e) Tem fator anticoagulante,
- f) Baixa os níveis de diabetes

#### 2.1.4- Estudos sobre o escargot

A bibliografia em relação a processos de desidratação de escargot é bastante escassa, para não dizer inexistente. As poucas referências bibliográficas encontradas dizem respeito, na sua maioria, ao escargot e sua riqueza como fonte de alimento. Com relação às vísceras (hepatopâncreas) não foi encontrado na literatura dados relativo à sua composição.

Barni et al., (2001) estudaram a composição básica e nutricional da espécie *helix aspersa máxima*, que foi mais bem adaptada ao sul e sudeste do país. As amostras para as análises foram coletadas e abatidas em duas épocas: inverno (época de hibernação) e verão. Os resultados obtidos para o primeiro e o segundo abate foram respectivamente, 81,12% e 84,51% de umidade; 13,86% e 13,46% de proteínas; 1,69% e 0,39% de lipídios e 1,42% e 1,46% de cinzas. Observo-se a influência do período de coleta e abate sobre a umidade e os lipídios. O teor de colesterol encontrado foi de 116,45 mg/100g de carne (base úmida), apresentando um teor semelhante ao da carne de frango. Desta forma a carne do escargot poderá ser considerada uma boa fonte alimentar.

Saldanha et al. (2001) estudaram a composição centesimal da carne de escargot da espécie *Achatina fulica*. Suas amostras foram avaliadas em termos de proteínas, lipídios, cinzas e umidade obtendo os seguintes resultados: 14,87%, 0,28%, 2,40%, e 82,45%, respectivamente. A sua composição em ácidos graxos também foi determinada, através de cromatografia gasosa capilar, obtendo teores de 56,78% em ácido graxos polinsaturados, 15,54% em monoinsaturados e 23,25% em saturados. Dessa forma a carne do escargot apresentou-se como fonte de ácidos graxos essenciais bem como uma ótima opção de um alimento saudável, com baixos teores de lipídeos, colesterol, calorias e uma fonte excepcional de sais minerais.

O peso para o abate também foi avaliado por Sousa et al., (2001) através da influência da composição centesimal. A espécie escolhida para este estudo também foi o *Helix aspersa máxima* (Gros-gris) com três pesos diferentes, denominados de baixo peso (10g/animal), médio peso (12,50g/animal) e alto peso (15g/animal) separados em lotes de 5 animais para cada grupo. Estes foram criados no sistema intensivo, alimentados com ração e pesados a cada etapa do abate. Após separação dos lotes os animais foram colocados na purga (dieta hídrica) por 48-72 hs. Retirou-se o muco através de uma solução ácida. As perdas observadas durante o processo de purga foram de 6,45%, 2,35% e 5,76% para os escargots de baixo, médio e alto peso, com a retirada do muco a perda maior (15,60%) foi para o grupo do alto peso e também no abate 5,69% a 8,30% para os diferentes grupos. O rendimento total da carne variou entre 45,99% a 55%. Não foi observado diferenças significativas para os grupos, no que se diz respeito as análises centesimais. A carne do escargot apresentou teor de lipídeos de 1,905 (baixo peso), 1,70% (médio peso) e de 1,50% (alto peso). O teor protéico médio foi de 10%, as cinzas em torno de 1,08% e a umidade 83%, apresentando também baixas calorias 57,56 (kcal/100g).

O Aruá (*Pomacea lineata*), um molusco de água doce comumente consumido pelas populações de baixa renda do norte e nordeste brasileiro, também foi estudado no que diz respeito a sua composição nutricional, sanitária e sensorial por Cirelli et al., (1993) contribuindo para a divulgação de mais uma espécie nacional já consumido em pequena escala, porém sem estudos a respeito. Encontrados também desde o Pará até a região do Rio de Janeiro, os aruás estudados foram proveniente de Cataguases-MG e pesavam em média 6g. Foram feitas análises da composição centesimal e dos elementos minerais; aminoácidos, e digestibilidade *in vitro*. Foram utilizados métodos biológicos onde se produziu uma dieta de acordo com a AOAC para ser testada em ratos da linhagem Holkman, avaliando a eficiência protéica; análise parasitológica, em seis ratos, diariamente durante 40 dias e caracterização sensorial (odor, sabor e textura) onde os moluscos foram submetidos a um processo de cocção na água e sal de cozinha a 10% em cinco tempos diferentes (1,3,5,7 e 10 min), sendo os três primeiros escolhidos para fazer a caracterização por apresentar melhores características. Os aruás apresentaram umidade 70,46%; proteína 13,01%; extrato etéreo 0,65%; cinzas 1,64% e carboidratos 14,24%. Os aminoácidos essenciais, com exceção do triptofano, isoleucina e valina, apresentaram valores elevados quando comparados com a proteína-padrão da Food and Nutrition Board. Constatou-se que os aruás contaminados com xifidiocercárias não infectam mamíferos, além de haver a inviabilização das

formas parasitárias na cocção. O teste sensorial não apresentou diferença significativa, com exceção do odor de pescado, sendo menos detectado quando o molusco foi cozido por 3 minutos.

Como praticamente não existe estudo de desidratação do escargot na literatura o embasamento teórico foi feito a partir de trabalhos sobre desidratação de alimentos em geral, mais especificamente de produtos cárneos. Comportamento, cinética de secagem e qualidade do produto final foram os itens mais relevantes do estudo em questão. Dentro desta ótica podemos citar alguns trabalhos

A recuperação das proteínas de subprodutos da industrialização do pescado, mostrou-se bastante promissora já que na forma de pasta podem ser utilizadas como matéria-prima no preparo de vários produtos alimentícios, tais como salsicha, patês e isolados protéicos. Um estudo sobre as propriedades funcionais do concentrado protéico de pescado foi estudado por Rodrigues e Tobinaga (2000). Eles analisaram, através da secagem em leito de jorro, a influência da vazão de alimentação da suspensão ( $W_S$ ), temperatura do ar de secagem ( $T_{fs}$ ) e a altura do leito de inerte ( $H_0$ ) sobre as propriedades funcionais (solubilidade, índice de atividade emulsificante e capacidade emulsificante) do produto desidratado. O concentrado foi preparado a partir de sobras da operação de filetagem de Merlusa (*Merluccius gayigayi*), que foram trituradas e submetidas a um tratamento de extração com soluções de NaCl (0,1M), NaHCO<sub>3</sub> (0,1M) e água refrigerada, para remoção de matéria solúvel e odores característicos. Em seguida a pasta resultante, após drenagem, foi ressuspensa em água numa razão de 1:2 (p/v) e submetida à secagem em um leito de jorro cônico. A alimentação da suspensão foi feita através de um bico ejetor, onde as vazões foram fixadas em 250, 300, 350 e 400 ml/h. As temperaturas do ar de secagem utilizadas foram de 70, 75 e 80 °C e as alturas do leito de inerte de 10, 12 e 14 cm. Como inerte foram utilizados esperas de vidro com diâmetro de 2 mm e densidade de 1,86 g/cm<sup>3</sup>. O pó obtido foi armazenado em frascos de vidro e mantidos sob refrigeração (5 °C). Os resultados encontrados para as análises de umidade, viscosidade e densidade da suspensão foram de 89,8%, 119,20 cps e 1,0054 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Para o pó obtido, as umidades encontradas foram influenciadas pelas condições operacionais utilizadas, Assim, um baixo teor de umidade foi obtido quando valores máximos de  $H_0$  e  $T_{fs}$  são atingidos, obtendo um pó com 4,56 % (b.u) de umidade para uma alimentação de 250 ml/h. O aumento da umidade foi diretamente proporcional ao aumento da vazão de alimentação da suspensão, obtendo um valor de 8,05 % (b.u) para 400 ml/h ( $W_S$ ), 70 °C

( $T_{fs}$ ) e um leito fixo em 14 cm. Para as propriedades funcionais, observou-se que vazões de alimentação elevadas e alturas de inerte baixas promoveram um efeito negativo em função do aumento da umidade no produto final. A dosagem protéica encontrada (84,38%), classifica como um produto de boa qualidade nutricional, mostrando que a secagem, em leito de jorro, da suspensão protéica é viável ao aproveitamento. A temperatura do ar de saída a 75 °C garantiu uma baixa degradação térmica do produto.

Estudos preliminares sobre desidratação de escargot foram realizados pelo Laboratório de tecnologia de alimentos da UFRN, utilizando-se subprodutos da sua industrialização. Medeiros, (2000) realizou análises físico-químicas para determinar a composição da carne, fora de padrão, e das vísceras (hepatopâncreas) como também ensaios de secagem em estufa com circulação de ar em dois níveis de temperatura 50 e 70 °C, com o material inteiro e triturado em bandejas perfuradas com 1 e 2 cm de espessura, respectivamente. Os valores encontrados para as composições foram em média 12,93 % e 20,8 % de proteína bruta, 79,6 % e 73,3 % de água, 2,8 % e 6,1 % de lipídeos (extrato etéreo) para a carne e o hepatopâncreas, respectivamente. Para os ensaios a 70 °C as taxas de secagem para o período de taxa constante foram de 30 g/h e 32 g/h e uma umidade final de 12 % e 4,4 % para o escargot e o hepatopâncreas, respectivamente, em 8 horas de secagem isso se deve ao curto período de taxa constante observado no escargot inteiro. Nos ensaios a 50 °C, os resultados inverteram-se, o escargot triturado apresentou maior taxa (28 g/h) e mais longo período de taxa constante do que o hepatopâncreas (18 g/h). As umidades obtidas no final, após 20 horas de secagem foram de 7,9 % para o escargot e 11,9 % para o hepatopâncreas. A proteína bruta, encontrada nos produtos desidratados, apresentaram teores compreendidos numa faixa de 52,5 % a 59,1 %. As perdas obtidas na desidratação para o hepatopâncreas foram da ordem de 27 % e 21 % a 70 °C e 50 °C, respectivamente. Para carne, não foi observado perdas a 50 °C e para 70 °C as perdas foram em torno de 6 %. Também foram realizados ensaios em secador de leito de Jorro utilizando-se partículas de inerte de poliestireno de baixa densidade. Para os ensaios foram utilizadas as seguintes condições operacionais: 2500g de material de inerte, 50 °C de temperatura e 10.7 m/s de velocidade de ar. As massas processadas foram de 400g e 500g para os tempos de secagem de 80 e 100 minutos, respectivamente. Os resultados obtidos foram de 5,62 % e 5,83 % de umidade, 49,58 g e 129,04g g de massa obtida (em pó), 56,4 % e 88,11 % de eficiência de produção, para as massas



processadas de 400 g e 500g, respectivamente. Os produtos na forma de pó apresentaram baixos conteúdos de água, e a eficiência de produção foi elevada, principalmente para o hepatopâncreas. Entretanto, os produtos foram contaminados pelo material inerte, comprometendo os resultados das análises de proteínas, gorduras, minerais e atividade de água dos produtos desidratados no jorro. A autora afirma que esta contaminação pode ser evitada utilizando um outro tipo de material inerte. Baseado nos resultados obtidos a autora concluiu que a desidratação pode ser uma alternativa viável para o aproveitamento dos subprodutos da industrialização do escargot.

## **2.2 - Secagem**

### **2.2.1 – Histórico**

A secagem é uma das técnicas mais antigas usadas pelo homem na preservação de alimentos e até hoje é utilizada dentro dos controles tecnológicos atuais. Segundo Park (1987), apesar de antiga, a secagem artificial do alimento é empregada somente nos últimos dois séculos.

De acordo com os fatos históricos, as guerras modernas, com a necessidade de transportar grandes volumes de alimentos a grandes distâncias, foram os elementos que impulsionaram o desenvolvimento do processo de secagem. Na I Grande Guerra Mundial, a prática de secagem se disseminou e o processo começou a ser estudado mais cientificamente, atingindo o seu ápice durante a II Guerra Mundial (Lima, 2001).

A Universidade da Califórnia, com projeto de secadores com circulação forçada na secagem de frutas e hortaliças, foi a pioneira na construção de secadores que contou com a contribuição de alguns pesquisadores dentre eles, Cruess (1973). A substituição da secagem natural por desidratadores pode ser justificada pelas seguintes vantagens: melhores qualidades organolépticas, redução da área de trabalho e a proteção do produto contra as intempéries Cruess (1973) citado por Lima (2001).

O interesse pelo estudo de secagem, revela dois aspectos importantes: *o energético* (a água, solvente a se eliminar em muitas aplicações industriais, possui um calor latente de vaporização elevado: 2500 kJ/kg) e o *comportamento do material*, este último sendo influenciado pelo modo de secagem e conseqüentemente pela qualidade final do produto (propriedades mecânicas, granulometria, porosidade, estabilidade dos constituintes na temperatura, etc.) (Da Mata e Lima, 1999).

Os estudos sobre secagem, principalmente aqueles que são orientados para objetivos específicos, vem crescendo cada vez mais. Atualmente, as questões sociais vem gradativamente sendo associadas aos problemas energéticos das tecnologias utilizadas para estudo de secagem. O aprofundamento da compreensão do fenômeno, aliado às transferências de calor e massa no interior e exterior do produto, vem se unindo ao estudo da engenharia dos sistemas de secagem (Da Mata e Lima, 1999).

O aproveitamento de matérias-primas e, principalmente, a utilização destas, faz surgir novas técnicas, que possibilitam uma maior elaboração e distribuição dos produtos, em mercados onde antes eram inexistentes. Dentro deste contexto, situa-se o aproveitamento de alimentos através de processos de secagem. A competição entre fornecedores pela preferência de seus produtos, ajuda a desenvolver dentro da tecnologia de alimentos, processos alternativos, visando favorecer a melhoria de sua qualidade, diminuição do tempo de preparo (pré-digeridos, desidratados, instantâneos, etc) e acondicionamento em embalagens atraentes e protetoras (Evangelista, 1998).

Direcionados sob esta ótica, cientistas e técnicos em alimentos vem buscando novas formas de oferecer ao consumidor produtos desidratados de melhor qualidade. O desafio consiste então, em identificar técnicas de secagem que levem a atingir estes objetivos, preservando as características do produto in natura (Da Mata e Lima, 1999).

O estudo da secagem de materiais biológicos vem sendo desenvolvido há alguns anos, Park (1987) cita trabalhos de Van Arsdel e Copley, (1963), onde estes materiais são considerados

como coloidais higroscópicos exibindo um fenômeno conhecido como “endurecimento superficial”. Este fenômeno tem duas explicações:

- a) A secagem superficial é muito rápida, não permitindo a reposição de água pelo interior do material na mesma velocidade da retirada superficial;
- b) Existe a formação da crosta superficial que impermeabiliza a superfície, impedindo a saída de água.

Do ponto de vista matemática e fenomenológico, a primeira explicação é rebatida, pois quanto mais rápida a secagem, mais rápida a promoção de gradiente de umidade no interior do sólido, promovendo e acelerando a transferência de massa. Portanto, a justificativa mais utilizada é a de que a segunda explicação que inclui considerações tais como a existência de reação química ou presença de solutos que alteram as características de superfícies de secagem, é mais correta (Park, 1987).

### 2.2.2- Conceitos fundamentais

O processo de secagem tem por finalidade **reduzir o custo de transporte** (volume e/ou peso), **facilitar o manuseio do produto** (sabão em pó, fertilizante, corantes etc), e principalmente promover a **conservação** do produto, fator principal no caso de alimentos.

Esta operação unitária é considerada como uma das mais importantes no que diz respeito à conservação de alimentos, pois consiste na redução do teor de umidade do alimento, garantindo condições seguras para o seu armazenamento. O uso desta técnica, aplicada a produtos cárneos, permite uma redução significativa na flora bacteriana, presente nestes produtos. Esta redução se deve ao abaixamento da atividade de água ( $A_a$ ) até níveis onde os microrganismos praticamente não se desenvolvem e são detidas a maioria das reações químicas e enzimáticas de alteração. Desta forma, obtem-se produtos com uma vida de prateleira maior e mais seguros microbiologicamente.

Durante a secagem ocorre, simultaneamente, a transferência de calor e massa dentro do sólido e na camada limite do agente secante. Geralmente, neste processo, há uma influência considerável exercida pelas condições externas e pela estrutura interna do material a ser seco. A influência destes fatores é diferente em vários períodos de secagem. No período de taxa constante de secagem, a transferência de calor e massa depende, principalmente, do mecanismo de transporte na camada limite. No período de taxa decrescente o fator controlante é a resistência adicional de transporte dentro do material a ser seco ( Strumillo e Kudra,1986). A Figura 2.2 mostra um esquema simplificado do modelo físico de secagem.

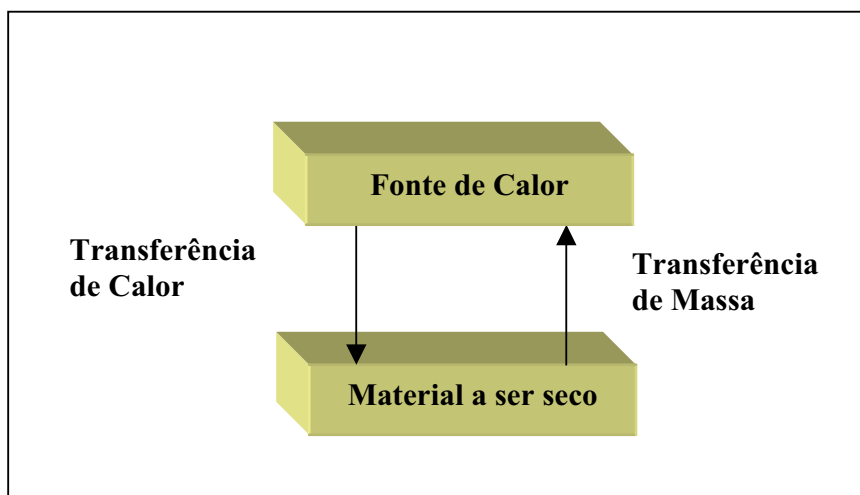


Figura 2.2. Esquema simplificado de transferência.

A aplicação quantitativa das relações de transferência simultânea de calor e de massa representa um objetivo da engenharia. Por outro lado, o estudo de secagem não se restringe em termos de análise das condições externas, mas é importante estabelecer como a água é transportada do interior do sólido para a superfície de secagem (Park, 1987). A Figura 2.3 mostra um diagrama simplificado do transporte da água no interior do sólido.

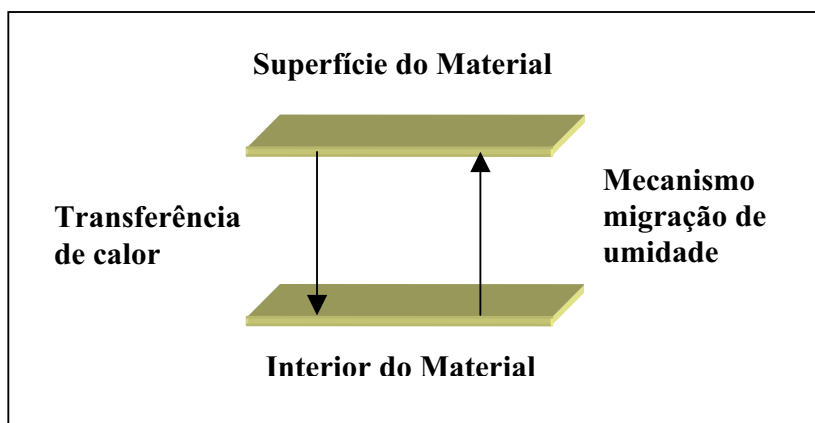


Figura 2.3. Diagrama simplificado do transporte de umidade.

### 2.2.3. Curvas de secagem

Um tratamento clássico, a ser feito em laboratório, é a obtenção das *curvas de secagem* mediante a determinação da taxa de secagem em função de alguns fatores: *temperatura, umidade* e *velocidade* do gás de secagem. Estas curvas típicas estão relacionadas aos mecanismos de realização da secagem. Para que ocorra a secagem é necessário remover a umidade livre na superfície e a umidade no interior do material. Quando a mudança do teor de umidade com o tempo para um material é determinada, uma curva suave é obtida na qual a taxa de secagem em qualquer dada umidade pode ser avaliada.

A forma das curvas de secagem varia com a estrutura e o tipo de material. Nas Figuras 2.4 e 2.5 são mostradas curvas típicas de secagem. Quando um sólido é seco experimentalmente, os dados obtidos relacionam usualmente o teor de umidade ao tempo, os quais são plotados em uma curva como teor de umidade em base seca contra o tempo, em condições constantes. A Figura 2.4 mostra este comportamento, onde o sólido inicialmente perde umidade por evaporação da superfície saturada, depois por evaporação de uma superfície insaturada ou parcialmente saturada, cuja área diminui gradativamente e, finalmente, pela evaporação da água no seu interior (Foust et al, 1982). Quando o transporte de umidade baseia-se no modelo de difusão líquida, a água difunde como líquido no interior do sólido e evapora na superfície, também no período de

taxa decrescente. Neste último período, a resistência interna, de difusão líquida ou líquida/vapor, é predominante à transferência de massa no interior do sólido.

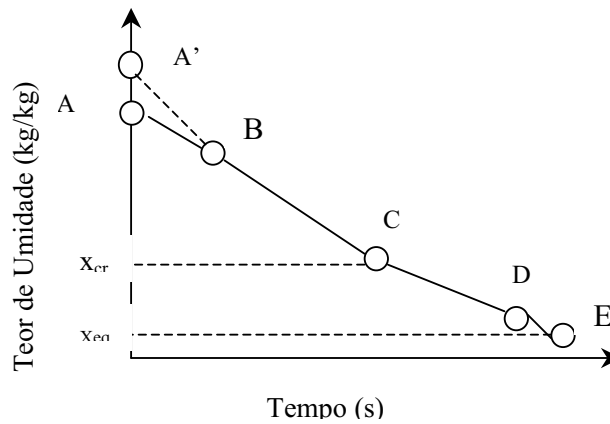


Figura 2.4. Teor de Umidade em função do tempo.

Apesar da Figura 2.4 mostrar que a velocidade de secagem modifica-se com o tempo e com o teor de umidade, esta variação é melhor ilustrada através da derivação gráfica ou numérica da curva apresentada pela Figura 2.5.

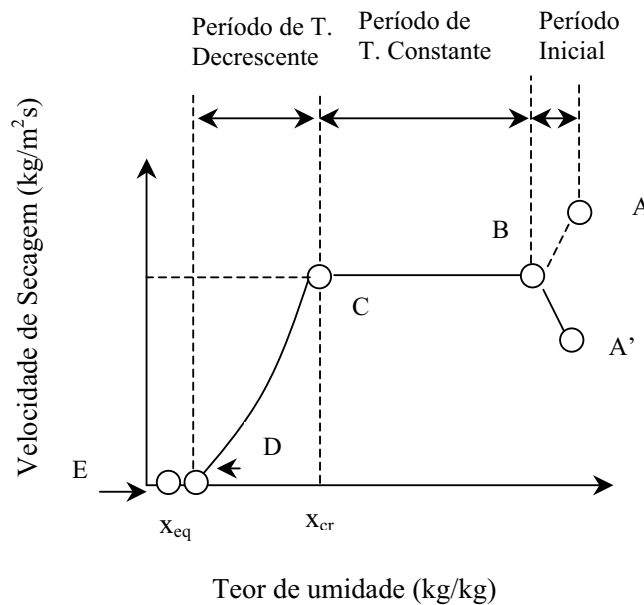


Figura 2.5. Velocidade de secagem em função do teor de umidade.

A Figura 2.5 mostra a velocidade de secagem em função do teor de umidade livre. No período inicial de secagem, a mudança de taxa de secagem com a umidade é ilustrada através de curva AB, que corresponde em geral ao período de aquecimento do material. Pode-se observar também, duas zonas bem definidas: o segmento BC onde a velocidade de secagem é constante, **Período de Taxa Constante**, e o segmento CD onde há um decréscimo constante na taxa de secagem, **Período de Taxa Decrescente**, quando o teor de umidade é reduzido. O teor de umidade no fim do período de velocidade constante é representado pelo ponto C e corresponde ao “**teor de umidade crítico**”. Dependendo do material a ser seco o período de taxa decrescente pode apresentar dois períodos distintos: um estágio inicial chamado **1º período de velocidade decrescente** e um estágio final chamado de **2º período de velocidade decrescente**.

#### 2.2.4 – Cinética de Secagem

A cinética de secagem está ligada às mudanças de umidade e temperatura que ocorrem no material em função do tempo, durante a secagem. Permite conhecer a quantidade de água evaporada, tempo de secagem, consumo de energia, etc. A mudança do conteúdo de umidade em um material é controlada por transferência de calor e massa entre a superfície do corpo e o meio de secagem e depende muito das dimensões do produto (Strumillo e Kundra, 1986).

##### Período de taxa Constante:

A secagem ocorre da superfície saturada do material para a corrente de ar ambiente, pela difusão do vapor de água através do filme de ar estagnado. O movimento da umidade dentro do sólido é suficientemente rápido para manter a condição de saturação na superfície, e a velocidade de secagem é controlada pela velocidade da transferência de calor para a superfície evaporante. O processo ocorre, portanto, como se fosse a evaporação de uma massa de líquido, sem haver influência direta do sólido na taxa de secagem.

Durante este período (segmento BC das Figuras 2.4 e 2.5), toda superfície exposta do sólido está saturada de água. O regime de secagem é a taxa constante contínua, com a massa subtraída sendo substituída pelo líquido que vem do interior do sólido. O mecanismo do deslocamento do líquido, e por isso a velocidade deste movimento, varia acentuadamente com a própria estrutura do sólido (Foust et al, 1982).

Segundo Lima, (2001), os coeficientes de transferência de calor e massa, para o período de taxa constante, podem ser estimados a partir das taxas de evaporação determinadas experimentalmente, de acordo com as seguintes considerações:

- No período de taxa constante, a superfície do sólido se mantém permanentemente molhada;
- O ar de secagem encontra-se em equilíbrio com a superfície úmida, ou seja, que a temperatura do sólido úmido se iguala a temperatura de bulbo úmido do ar de secagem;
- A evaporação da água se dá a esta temperatura;
- As possíveis trocas de calor por condução e radiação envolvidas no processo, podem ser negligenciadas;

A equação (2.1) pode ser utilizada para calcular o coeficiente de transferência de calor para o período de taxa constante.

$$M \cdot \Delta H = h \cdot A(T - T_S) \quad (2.1)$$

onde,

M = taxa de evaporação (g/s);



$\Delta H$  = entalpia de vaporização da água, estimada à temperatura de bulbo úmido do ar (kJ/kg);

$A$  = área superficial das amostras, desconsiderando o encolhimento (m<sup>2</sup>);

$T$  = temperatura do ar no interior da estufa (°C);

$h$  = coeficiente de transferência de calor (Watts/m<sup>2</sup>s);

$T_s$  = temperatura de bulbo úmido do ar no interior da estufa (°C).

Os coeficientes de transferência de massa podem ser obtidos através da Equação (2.2) tendo como base as mesmas considerações feitas anteriormente. A equação é descrita abaixo:

$$M = K_h \cdot A \cdot (U_{sat} - U_{abs}) \quad (2.2)$$

Onde,

$U_{sat}$  = umidade absoluta média de saturação do ar, determinada na carta psicrométrica (kg/kg ar seco);

$U_{abs}$  = umidade absoluta média do ar no inferior do secador determinada na carta psicrométrica (kg/kg ar seco);

$K_h$  = coeficiente de transferência de massa (kg/m<sup>2</sup>s).

### **Período de taxa decrescente**

De acordo com Strumillo e Kudra (1986) quando a quantidade de umidade que alcança a superfície do material começa a diminuir gradativamente e a pressão de vapor sob a superfície também diminui, tem-se então o período de taxa decrescente. Neste período a taxa de secagem é controlada pelo transporte da umidade do material (condições internas) o qual depende da concentração do gradiente de umidade.

O modelo difusional baseado na difusão líquida assume que a evaporação ocorre na superfície também no período taxa decrescente. Isto se vê pela condição de contorno na superfície do material. O calor necessário para a remoção desta umidade é fornecido pelo fluxo de ar escoando pelo sólido tal como ocorre no período de taxa constante. A quantidade de água removida neste período pode ser relativamente pequena, e o tempo requerido pode ser alto.

A partir dos dados experimentais no período de taxa decrescente podem ser calculados os coeficientes de difusividade. Segundo Lima (2001), os valores de  $D_{ef}$  permitem um estudo quantitativo das características de secagem, através das variáveis experimentais controladas no processo. Este coeficiente, engloba todos os possíveis efeitos internos como, migração da umidade ou outro fenômeno físico em particular, já que as análises de secagem feitas com a equação de Fick enfoca, principalmente, o estudo do efeito global do fenômeno interno (Park, 1987).

Através de modelos matemáticos, a evaporação de água na secagem de sólidos é obtida a partir da Segunda Lei de Fick, que considera como mecanismo principal de transferência a difusão.

Para placa plana, considerando um sistema unidimensional e homogêneo, tem-se a seguinte equação:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (2.3)$$

com a condição inicial:  $u(x,0) = u_i$

e condições de contorno:  $u(l/2, t) = u_e$  e  $\frac{\partial u}{\partial x}(0, t) = 0$

obtem-se como solução a Equação (2.4):

$$u^* = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{8}{(2n+1)^2 \pi^2} \exp\left[\frac{-D(2n+1)^2 \pi^2 t}{l^2}\right] \quad (2.4)$$

$$u^* = \frac{u - u_e}{u_i - u_e} \quad (2.5)$$

onde,

$u$  = umidade média do sólido no tempo  $t$ , (g/g b.s);

$u_e$  = umidade de equilíbrio do sólido (g/g b.s);

$D$  = coeficiente de difusão constante ( $m^2/s$ );

$t$  = tempo (s);

$l$  = espessura da amostra (cm).

Para tempos longos a Equação 2.4 converge rapidamente podendo-se utilizar o primeiro termo da série, Equação 2.6. O coeficiente de difusão efetivo ( $D_{ef}$ ) é determinado experimentalmente, a partir do ajuste linear da Equação 2.6, apresentada na forma da Equação 2.7.

$$u^* = \frac{8}{\pi^2} \exp\left[\frac{(-D_{ef} \pi^2 t)}{4l^2}\right] \quad (2.6)$$

$$\ln(u^*) = \ln(A_0) - B_0 t \quad (2.7)$$

Onde,

$$A_0 = \frac{8}{\pi^2} \quad (2.8)$$

$$B_0 = \frac{\pi^2 D_{ef}}{4l^2} \quad (2.9)$$

O uso do modelo difusional simplificado é discutido por Lima (2001) quando diz que o comportamento da transferência de umidade na secagem de sólidos alimentícios normalmente não satisfaz as simplificações assumidas na solução da 2ª Lei de Fick: o sólido tem uma estrutura celular heterogênea, a transferência não é unidimensional, a difusão pode ocorrer sob vários mecanismos (na fase gasosa, e/ou líquida, em poros de várias dimensões), a temperatura do alimento aumenta durante o processo e ocorre o encolhimento com evaporação da água. Desta forma, o coeficiente obtido através do ajuste dos dados experimentais pela Equação 2.7, deve ser considerado um coeficiente de difusão efetivo que representa na realidade um conjunto de mecanismos envolvidos e englobados num único parâmetro.

---

**Capitulo 3**  
**Metodologia Experimental**

---

## **3. METODOLOGIA EXPERIMENTAL**

### **3.1 – Matéria-prima**

A matéria prima utilizada no presente estudo consistiu basicamente de dois tipos de produtos, oriundos do descarte da industrialização do escargot: a carne, propriamente dita, considerada fora dos padrões para comercialização, e as vísceras, denominadas hepatopâncreas. Estes subprodutos foram fornecidos pela Millenium Indústria e Comércio de Alimentos Ltda, localizada em Macaíba, Rio Grande do Norte.

### **3.2 – Procedimento Experimental**

Na Figura 3.1 são apresentadas as etapas do procedimento experimental usado neste trabalho.

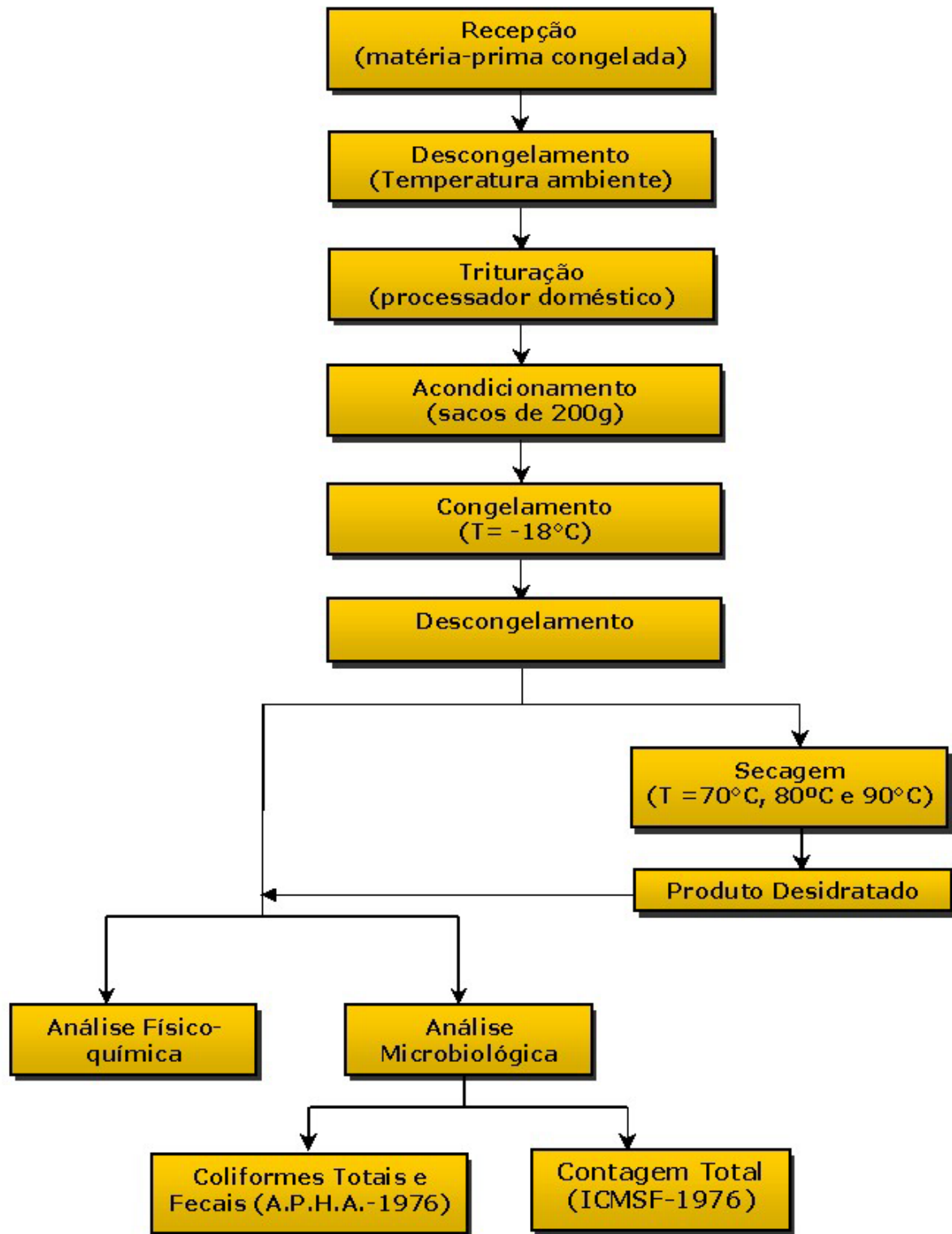


Figura 3.1. Etapas do procedimento experimental.

### **3.2.1 – Preparação da matéria prima para a secagem**

As matérias primas foram processadas em um processador doméstico por aproximadamente 1 minuto, a uma velocidade constante, transformando-se em pasta, o que favorece o processo em secagem de bandejas. Após este processamento, tanto a carne quanto o hepatopâncreas foram acondicionados em sacos de 200g e congelados até a secagem. De acordo com a programação da secagem os sacos eram descongelados em refrigerador por 24 horas.

### **3.2.2 – Planejamento Experimental**

Antes da secagem em estufa, foi proposto um planejamento estatístico fatorial simples do tipo  $2^2$ , com três repetições no ponto central. Os ensaios foram realizados em duplicata para cada subproduto considerando a temperatura do secador e a espessura da bandeja em dois níveis para os quatro ensaios e um nível intermediário (ponto central) correspondente aos valores médios considerados para a temperatura e espessura. Os valores escolhidos para o nível inferior e superior foram baseados em pesquisas preliminares feitas por Medeiros et al (2000). As Tabelas 3.1 e 3.2 mostram a matriz do planejamento experimental realizado tanto para o escargot como para o hepatopâncreas.



Tabela 3.1 – Planejamento experimental para a carne do escargot.

<b>Ensaio</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Espessura (mm)</b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>
1	70	5	-1	-1
2	70	5	-1	-1
3	90	5	+1	-1
4	90	5	+1	-1
5	70	15	-1	+1
6	70	15	-1	+1
7	90	15	+1	+1
8	90	15	+1	+1
9	80	10	0	0
10	80	10	0	0

Tabela 3.2. Planejamento experimental para o hepatopâncreas.

<b>Ensaio</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Espessura (mm)</b>	<b>X<sub>1</sub></b>	<b>X<sub>2</sub></b>
1	70	5	-1	-1
2	70	5	-1	-1
3	90	5	+1	-1
4	90	5	+1	-1
5	70	15	-1	+1
6	70	15	-1	+1
7	90	15	+1	+1
8	90	15	+1	+1
9	80	10	0	0

Para o tratamento estatístico, foi utilizado o programa Statistica no dois períodos de secagem. Devido a pouca disponibilidade da matéria prima, principalmente, para o hepatopâncreas, foram feitos dois ensaios no ponto central para a carne do escargot e apenas um ensaio para o hepatopâncreas.

### 3.2.3 – Ensaios de secagem

Para a secagem foi utilizada uma estufa do modelo 52100-00 da Cole Parme com circulação de ar e fluxo transversal a uma velocidade de ar baixa (0,2 m/s). Baseado no planejamento estatístico, as amostras de carne e hepatopâncreas *in natura*, foram colocadas para secar em bandejas de alumínio, não perfuradas, com diâmetro de 140 mm e três diferentes espessuras (5, 10 e 15 mm). As amostras foram compactadas e niveladas com um bastão de vidro para garantir uma secagem por igual em toda superfície de transferência. O acompanhamento da secagem foi feito através de pesagem sistemática das bandejas em intervalos de tempo regulares (20 em 20 min) com uma avaliação da perda de umidade. Sendo o fim da secagem considerado quando as amostra atingiram peso constante

As temperaturas estudadas foram 70, 80 e 90°C, e medidas através de um termômetro digital. Devido a temperatura ser elevada dentro da estufa, as medidas de umidade relativa foram feitas na saída de ar na estufa, sendo considerada que a umidade de saída é igual a de dentro da estufa.

## 3.3 – Métodos Analíticos

### 3.3.1 – Análises físico-químicas

A caracterização foi realizada tanto nos subprodutos *in natura* como no produto desidratado. Foram observadas, para algumas composições, perdas pelo processo de desidratação em estufa nas temperaturas utilizadas em estudo. Todas as análises realizadas foram feitas segundo as Normas do Instituto Adolfo Lutz (1985), são elas:

**pH (Norma nº 4.7.2):**

O pH foi medido diretamente através de um potenciômetro (DMPH-2 Digimed) previamente calibrado. As medidas foram feitas em triplicata.

**Proteínas (Norma nº 4.12):**

As amostras foram pesadas (0.250g) e colocadas em tubos contendo solução digestora e em seguida num digestor a temperaturas variando de 150 °C a 300 °C até atingir uma coloração esverdeada. Após a digestão, a solução foi destilada com 25ml de solução de hidróxido de sódio sendo transferida para um erlenmyer contendo um indicador (ácido bórico) e logo após titulada com ácido sulfúrico. O valor da proteína encontrada foi obtida através de cálculos matemáticos utilizando-se o volume de titulação, a normalidade da solução ácida titulante, o fator do ácido e o peso da amostra.

Estes procedimentos foram realizados tanto para as amostras in natura quanto para as desidratadas.

**Gordura (Norma nº 4.10):**

A determinação de gordura ou lipídios foi feita pela extração com éter etílico, seguida da remoção por evaporação deste solvente. Os resíduos obtidos não são constituídos unicamente por gordura, mas por todos que, nas condições do ensaio, são extraídos pelo éter. Para esta análise foi utilizada um Determinador de gordura modelo Te – 044 (5/50;8/50) da Tecnal. Para esta análise, a determinação foi feita em duplicata devido a pouca disponibilidade de matéria prima.

**Umidade (Norma nº 4.5.1):**

A umidade da carne e do hepatopâncreas in natura foram determinadas por evaporação até peso constante em estufa com circulação de ar à 105 °C (temperatura recomendada para produtos cárneos). Foi colocada uma bandeja contendo sílica gel para se ter um melhor controle da umidade do ar circulante. As amostras de carne e hepatopâncreas (3 g em média) eram pesada em pesa-filtros de vidro com tampa esmerilhada previamente tarados, e em seguida aquecidas em estufa por 4 horas. Para o acompanhamento da perda de umidade, as amostras eram retiradas da estufa e colocadas no dessecador para esfriar até temperatura ambiente (mantida a 25 °C) quanto

então eram pesadas. Estes procedimentos eram repetidos até peso constante. Todas as determinações de umidade foram feitas em triplicata.

Para a determinação da umidade dos produtos desidratados utilizou-se a mesma metodologia.

#### **Cinzas (Norma nº 4.8):**

O resíduo por incineração ou cinzas é o nome dado ao resíduo obtido por aquecimento de um produto, em uma mufla, a temperaturas em torno de 550 °C – 570 °C. Esta determinação foi feita em duplicata, devido a pouca matéria-prima disponibilizada.

### **3.3.2- Análise Microbiológica**

Como se estuda a possibilidade de desenvolvimento de um novo produto, a avaliação microbiológica é de grande importância, interfere na qualidade final do produto, na sua vida útil e no risco a saúde da população. Por esse motivo à análise microbiológica foi feita tanto para o produto in natura como para o desidratado, sendo estas: contagem total de mesófilos (A.P.H.A., 1976) e Coliformes totais e fecais (ICMSF, 1976).

## **3.4 – Tratamento dos Dados**

### **Período de Taxa Constante**

Após a identificação do período de taxa constante na curva de secagem dos dados experimentais, fez-se um novo gráfico do tempo em função da perda de massa apenas para este período. A taxa de evaporação foi obtida pelo ajuste linear dos dados através do coeficiente angular da equação resultante. Como a inclinação da reta é negativa e para que pudessemos obter uma taxa de evaporação positiva, fizemos a seguinte consideração:

$$-\left(\frac{du}{dt}\right) \quad (3.1)$$

### **Período de Taxa Decrescente:**

Devido à complexidade do sistema em estudo foram encontradas dificuldades em aplicar um modelo difusional fundamental no período de taxa decrescente, como é usual na literatura. Dentre as principais limitações encontradas podemos citar:

- Encolhimento tanto da área exposta como da espessura da camada;
- Aparecimento de fissuras na torta formada durante a secagem, introduzindo distribuições não homogêneas de porosidade no meio;
- Aparecimento, em alguns dos experimentos, de uma crosta sobre a superfície do material no decorrer da secagem, responsável pela introdução de uma resistência adicional à transferência de massa;

Por esses motivos, optou-se por uma modelagem empírica simplificada, também muito usual na literatura de secagem, como descrito no capítulo 2, através da equação:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = k(U - U_e) \quad (3.2)$$

que integrada com a condição inicial adequada, conduz à bem conhecida expressão, que corresponde a um decaimento exponencial da umidade com o tempo:

$$U^* = A \exp(-kt) \quad (3.3)$$

A obtenção das constantes de secagem para o 1º e 2º período de Taxa decrescente foi feita através da linearização das retas e determinadas a partir dos coeficientes angulares das equações resultantes.

---

## **Capitulo 4**

### **Resultados e Discussões**

---

## 4. RESULTADO E DISCUSSÕES

### 4.1- Caracterização físico-química

A caracterização físico-química foi realizada em um único lote de cada subproduto e os resultados são apresentados a seguir. Os subprodutos foram fornecidos pela Millenium Indústria e Comércio de Alimentos Ltda, oriundos do descarte do processamento do escargot,

#### 4.1.1 – Umidade

A Tabela 4.1 mostra os resultados da determinação da umidade encontrada tanto para as amostras *in natura* quanto para os produtos desidratados.

Tabela 4.1. Resultados da determinação da umidade na carne e no hepatopâncreas do escargot.

Material	UMIDADE (%)					
	In Natura	70 °C		90 °C		80 °C
		5 mm	15 mm	5 mm	15 mm	10 mm
Carne	75,179	7,061	7,589	6,075	4,670	6,382
Hepatopâncreas	71,693	8,338	8,071	4,672	4,501	6,929

Os resultados obtidos para a carne e o hepatopâncreas *in natura* foram compatíveis aos encontrados na literatura apresentados no capítulo 2. Observa-se que, à medida que a temperatura aumenta, o valor da umidade diminui. Para as espessuras estudadas, não se observou uma tendência definida. De uma forma geral, os valores obtidos com os desidratados encontram-se dentro dos padrões esperados para alimentos desidratados.

### 4.1.2 – pH

O pH encontrado na carne de escargot, tanto nas amostras *in natura* quanto nas desidratadas, mostraram valores bem mais elevados do que a de outros produtos de origem animal, como pescado, carne bovina etc. Para o hepatopâncreas, os valores encontrados foram compatíveis aos de vísceras de outros animais. A Tabela 4.2 mostra esses valores. Os resultados correspondem a média das medições do pH que foram feitas em duplicata.

Tabela 4.2. Resultados da medida de pH nas amostras *in natura* e desidratadas.

Material	pH	
	In Natura	Seco
Carne	9,08	9,13
Hepatopâncreas	7,72	7,05

Como se observa na tabela, a desidratação teve pouco efeito sobre o pH, apresentando um ligeiro aumento para a carne e diminuição no caso das vísceras. Isto seria indicativo de que o processo de secagem nas condições utilizadas não produz modificações químicas importantes.

### 4.1.3 – Proteínas

Proteínas são polímeros constituídos de alguns dos 21 diferentes aminoácidos interligados por ligações peptídicas. As unidades básicas de uma proteína são os aminoácidos na proteína, influencia as propriedades funcionais do alimento e seu comportamento durante o processamento. O aspecto da estabilidade pelo calor, está relacionado com a composição e a seqüência de aminoácido na proteína. A maioria dos procedimentos comerciais, como desidratação e enlatamento, resulta em efeitos não-significativos na qualidade da proteína. (Araújo, 2001).



A Tabela 4.3 apresentam os resultados da determinação de proteínas totais encontradas em base úmida. Os valores de proteínas totais na carne do escargot *in natura* apresentado neste trabalho foram compatíveis com os encontrados na escassa literatura existente. Dentre as apresentadas no capítulo 2, podemos citar: 13,5 % (Tabela 2.4), 12,93 % (Medeiros, 2000), 13,86% (Barni et al., 2001). Para o hepatopâncreas *in natura* o valor encontrado foi de 20,81 % (Medeiros, 2000).

Tabela 4.3. Resultados da determinação de proteínas encontradas nas amostras *in natura* e desidratadas em estufa a várias temperaturas e espessuras.

Material	PROTEINA (%)				
	In Natura	70 °C		90 °C	
		5 mm	15 mm	5 mm	15 mm
Carne	14,556	57,499	58,234	56,831	54,750
Hepatopâncreas	13,584	52,134	49,29	50,538	49,728

Observa-se que os teores de proteínas do escargot e do hepatopâncreas, são elevados e ficam na faixa de concentração dos alimentos protéicos ricos, como carne bovina (22,1 %), peixe (15 %), etc (Tabela 2.4).

#### 4.1.4 – Cinzas

Cinza ou resíduo mineral é o produto que se obtém após o aquecimento de uma amostra ao rubro, porém não superior a 600 °C, durante quatro horas ou até a combustão total da matéria orgânica. A determinação da cinza fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais.

Os valores encontrados para o teor de cinzas são apresentados na Tabela 4.4. Para a carne *in natura*, o teor de cinzas é compatível ao da literatura: 1,08% (Sousa et al, 2001),

2,40% (Saldanha et al, 2001), 1,46% (Barni et al, 2001). Não foram encontrados, na literatura, dados para o hepatopâncreas *in natura*.

Tabela 4.4. Resultados da determinação de cinzas.

Material	CINZAS (%)					
	In Natura	70 °C		90 °C		80 °C
		5 mm	15 mm	5 mm	15 mm	10 mm
Carne	1,087	4,543	4,356	4,732	4,412	4,121
Hepatopâncreas	1,115	3,960	2,826	3,816	3,808	4,860

#### 4.1.5 – Gordura

As gorduras ou lipídeos são substâncias insolúveis em água, mas solúveis em éter, clorofórmio, benzeno e outros solventes orgânicos chamados de extratores. A gordura constitui a fração mais energética dos alimentos e é composta de carbono, hidrogênio e oxigênio. A riqueza em gordura pode influenciar o armazenamento de alguns produtos, pois alimentos ricos em tal substância rancificam facilmente (Silva, 1998),

A tabela 4.5 apresenta os resultados da determinação de gordura nas amostras *in natura* e desidratada.

Tabela 4.5. Resultados da determinação de lipídeos nas amostras *in natura* e desidratada.

Material	GORDURA (%)					
	In Natura	70 °C		90 °C		80 °C
		5 mm	15 mm	5 mm	15 mm	10 mm
Carne	0,078	1,470	1,526	1,736	1,543	1,523
Hepatopâncreas	0,014	4,614	3,502	3,103	2,487	3,063

Os valores obtidos para a carne do escargot *in natura*, foram compatíveis aos encontrados na literatura, dentre eles citamos: 1,905 % (Sousa et al., 2001), 1,64 (Cirelli et al, 1993), 1,69 % (Barni et al, 2001). Para o hepatopâncreas *in natura* o valor encontrado foi de 6,07% (Medeiros, 2000).

## 4.2- Análise Microbiológica

Foram realizadas análises microbiológicas, ou seja, contagem total de mesófilos e coliformes totais e fecais na carne e no hepatopâncreas de escargot *in natura* e desidratado em três níveis de temperatura (70, 80 e 90 °C). Os tempos de secagem, dependendo da temperatura e espessura empregadas, variou entre 4 a 18 horas para a carne de escargot e entre 6 a 17 horas para o hepatopâncreas. Os resultados das análises microbiológicas são apresentados nas Tabelas 4.6 e 4.7.

Tabela 4.6. Resultado da análise microbiológica para a carne *in natura* e desidratada.

		In Natura	Desidratado				
			70 °C		90 °C		80 °C
			5 mm	15 mm	5 mm	15 mm	10 mm
Carne	Coliformes Totais (NMP/g)	23	ausência	ausência	ausência	ausência	ausência
	Coliformes Fecais (NMP/g)	ausência	ausência	ausência	ausência	ausência	ausência
	Contagem Total (UFC/g)	10 <sup>2</sup>	40	2,1 x 10 <sup>2</sup>	< 30	< 30	<30

Tabela 4.7. Resultado da análise microbiológica para o hepatopâncreas *in natura* e desidratada.

		In Natura	Desidratado				
			70 °C		90 °C		80 °C
			5 mm	15 mm	5 mm	15 mm	10 mm
Hepatopâncreas	Coliformes Totais (NMP/g)	4,3 x 10 <sup>2</sup>	ausência	ausência	ausência	ausência	ausência
	Coliformes Fecais (NMP/g)	1,5 x 10 <sup>2</sup>	ausência	ausência	ausência	ausência	ausência
	Contagem Total (UFC/g)	8,5 x 10 <sup>2</sup>	2,0 x 10 <sup>2</sup>	1 x 10 <sup>2</sup>	ausência	ausência	<30

Os valores observados em relação à contagem total, após a desidratação, são considerados baixos e aceitáveis para os padrões microbiológicos de produtos semelhantes. Os coliformes totais e fecais foram eliminados na sua maioria pelo processo de secagem, tornando o produto obtido seguro, segundo os padrões microbiológicos. A destruição destes microrganismos é ocasionada pelos longos períodos de tempo de secagem que foram submetidas às amostras na estufa. Isto é muito importante, já que se pretende utilizar o produto desidratado como fonte de proteínas na formulação de outros alimentos.

### 4.3 – Secagem na estufa

#### 4.3.1 Reprodutibilidade dos ensaios

Nas Figuras 4.1 e 4.2, mostra-se a reprodutibilidade do ensaio 1, para a carne do escargot (70 °C e 5 mm) do ensaio 4 para o hepatopâncreas (90°C e 15 mm) respectivamente. Observa-se que há uma boa reprodutibilidade dos dados obtidos. Os outros ensaios apresentaram comportamento semelhante quanto à reprodutibilidade dos mesmos.

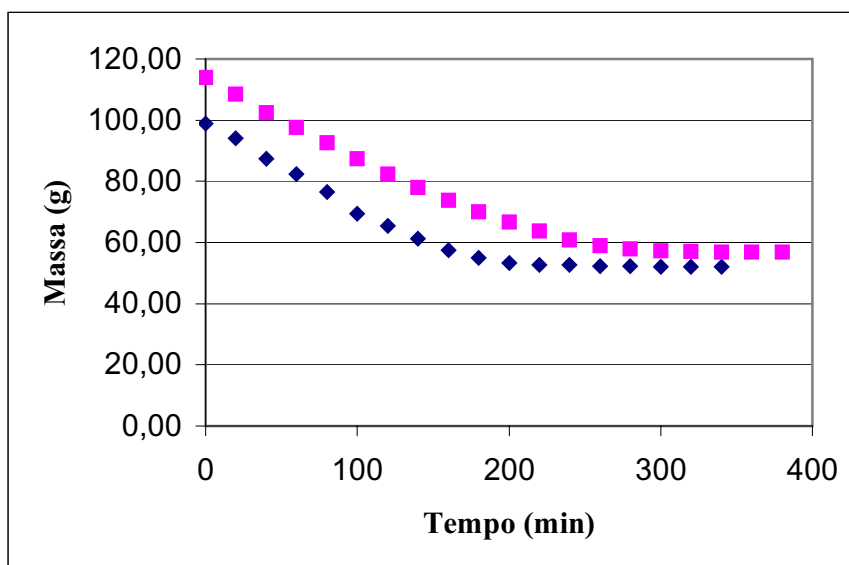


Figura 4.1. Reprodutibilidade do ensaio 1 – secagem da carne de escargot.

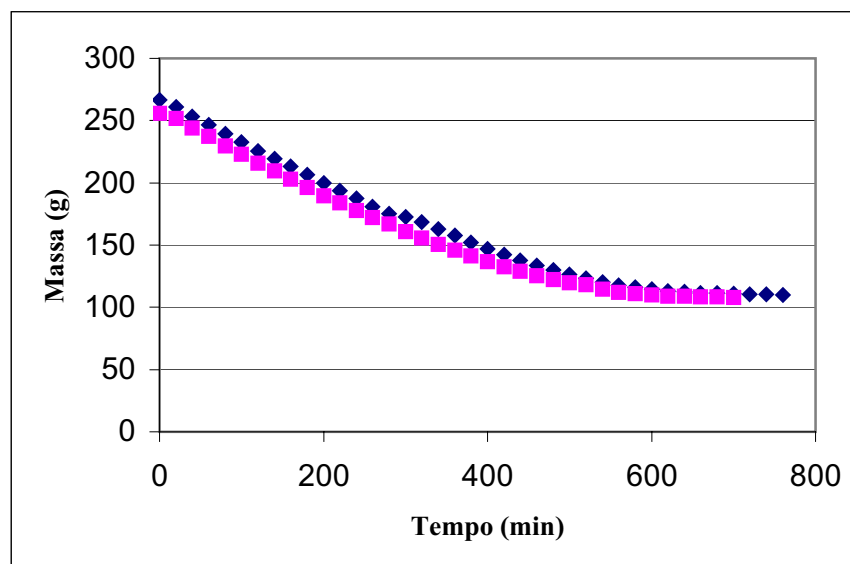


Figura 4.2. Reprodutibilidade do ensaio 4 - secagem do hepatopâncreas.

### 4.3.2 – Curvas de Secagem

As curvas apresentadas mostram a seguir a evolução da secagem em estufa da carne e do hepatopâncreas. Os resultados, são representados através da perda de umidade (base seca) em função do tempo e da taxa de variação de umidade em função da umidade (base seca) são apresentados nas Figuras 4.3, 4.4, 4.5 e 4.6, cujos ensaios estão descritos no capítulo 3. Foi

observado, para todas as curvas, um período de aquecimento seguido de um período de taxa constante e dois períodos de taxa decrescente.

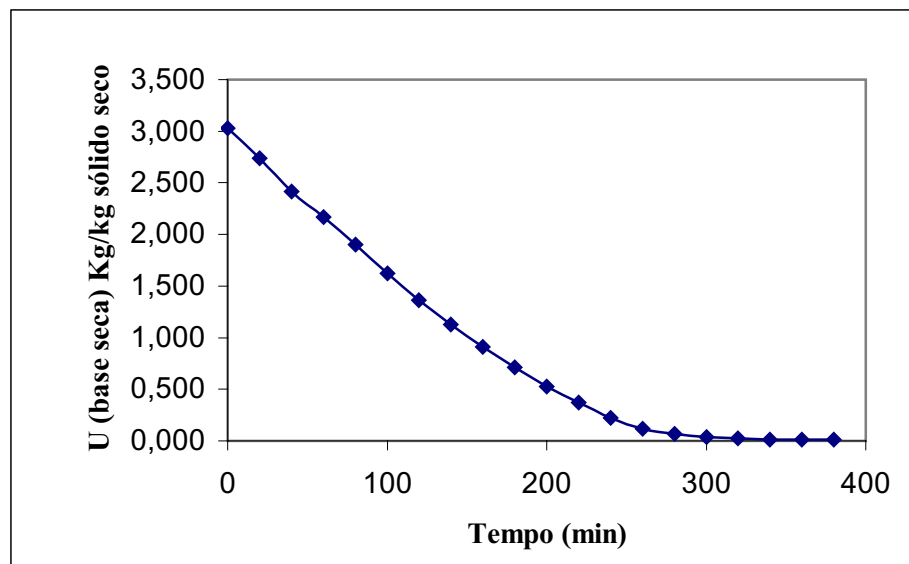


Figura 4.3. Curva de secagem da carne do escargot. (70 °C e 5 mm).

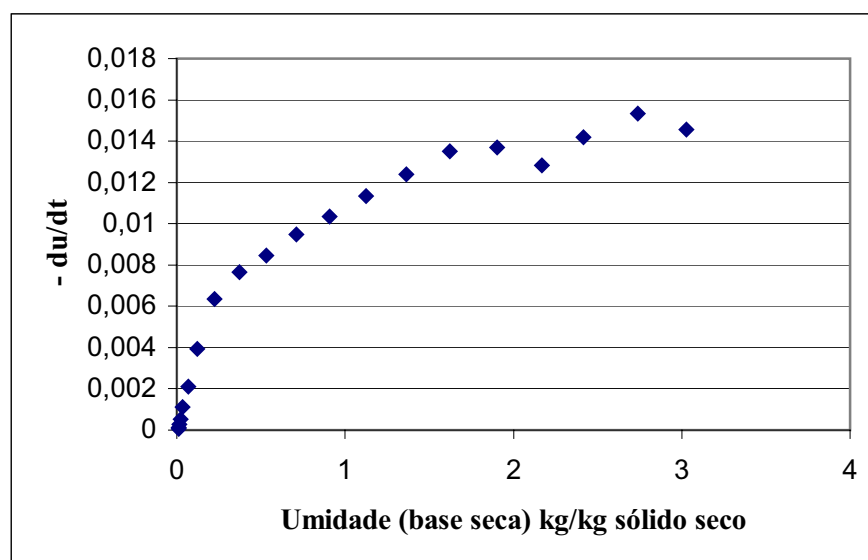


Figura 4.4. Taxa de variação da umidade em função da umidade para a carne do escargot (70 °C e 5 mm).

As curvas de secagem para o escargot representadas nas Figuras 4.3 e 4.4 apresentam um período de taxa constante que é observado aproximadamente até os 140 minutos onde a umidade crítica atinge 1,126 kg/kg de sólido seco. Comportamento semelhante é visto para o hepatopâncreas (Figuras 4.5 e 4.6) onde o período de taxa constante ocorre nos primeiros 60 minutos de secagem até ser atingida uma umidade crítica de 1,432 kg/kg de sólido seco.

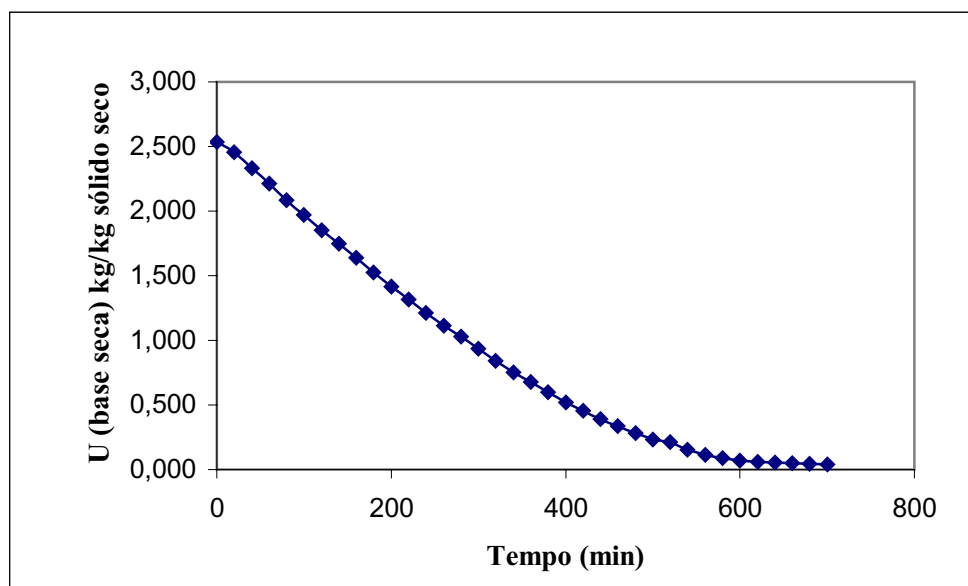


Figura 4.5. Curva de secagem do hepatopâncreas (90 °C e 15 mm).

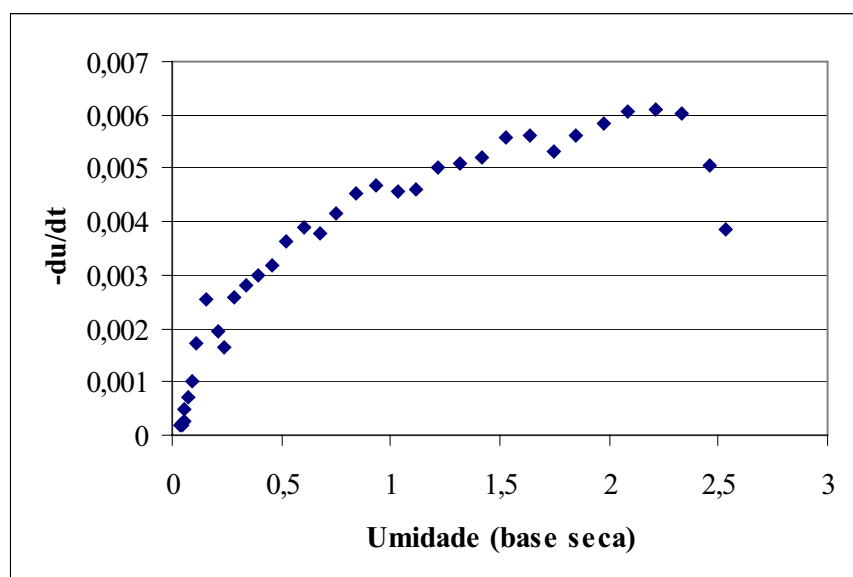


Figura 4.6. Taxa de variação da umidade em função da umidade para o hepatopâncreas (90 °C e 15 mm).

### 4.3.3 – Período de Taxa Constante

A taxa de evaporação foi avaliada através da identificação do período de taxa constante nas curvas de secagem e da derivada de umidade em função do teor de umidade. Através do ajuste linear dos dados experimentais e dos coeficientes angulares encontrados, obteve-se a taxa de evaporação. As Figuras 4.7 e 4.8 mostram a linearização no gráfico da evolução da massa em função do tempo, para a secagem do escargot a 70 °C e 5 mm e do hepatopâncreas a 90 °C e 15 mm. Comportamento semelhante foi observado nos demais ensaios.

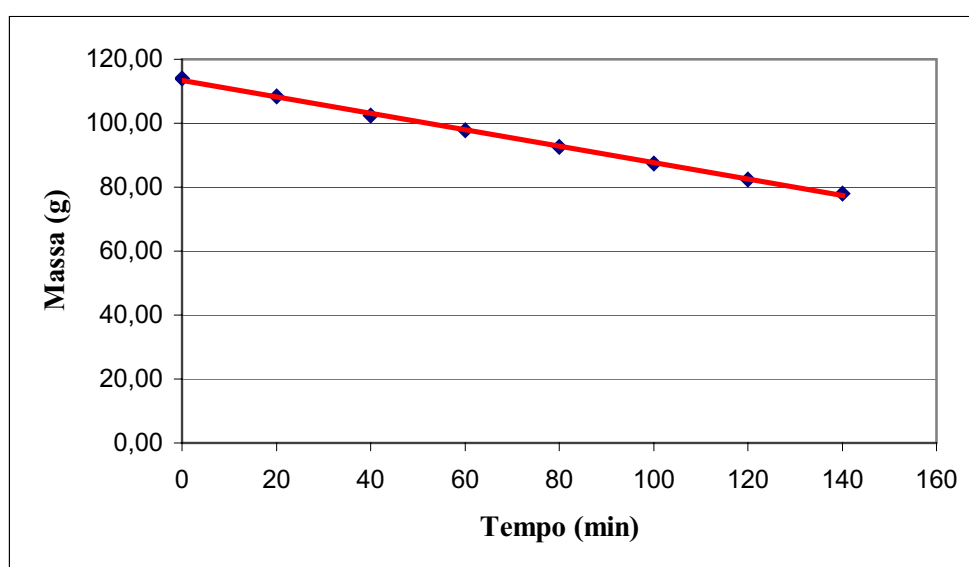


Figura 4.7. Perda de massa durante o período de taxa constante de secagem da carne do escargot (70 °C e 5 mm).



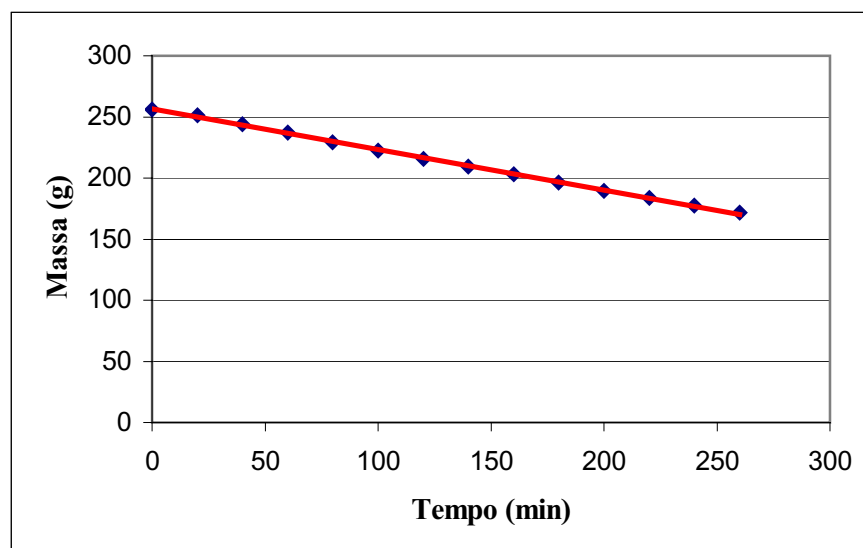


Figura 4.8. Perda de massa durante o período de taxa constante de secagem de Hepatopâncreas (90 °C e 15 mm).

As Tabelas 4.8 e 4.9 mostram os resultados da taxa de evaporação para todos os ensaios realizados na secagem da carne de escargot e do hepatopâncreas respectivamente.

Tabela 4.8. Taxa de evaporação representada pelas retas ajustadas para o escargot.

Ensaio	Temperatura (°C)	Espessura (mm)	$w_{const}$ (g/min)	$u_c$	$R^2$
1	70	5	0,2932	1,154	0,9974
2	70	5	0,2573	1,126	0,9987
3	70	15	0,2289	0,964	0,9962
4	70	15	0,2139	1,233	0,9932
5	90	5	0,4564	1,665	0,9990
6	90	5	0,4122	1,715	0,9972
7	90	15	0,3538	1,141	0,9993
8	90	15	0,3426	1,382	0,9982
9	80	10	0,3131	1,145	0,9992
10	80	10	0,3464	1,335	0,9959

Tabela 4.9. Taxa de evaporação representada pelas das retas ajustadas para o Hepatopâncreas.

Ensaio	Temperatura (°C)	Espessura (mm)	$w_{const}$ (g/min)	$u_c$	$R^2$
1	70	5	0,2744	1,086	0,9985
2	70	5	0,2414	2,029	0,9974
3	70	15	0,2061	0,965	0,9971
4	70	15	0,2230	1,031	0,9979
5	90	5	0,4095	1,405	0,9999
6	90	5	0,3851	1,432	0,9989
7	90	15	0,3298	1,258	0,9994
8	90	15	0,3310	1,116	0,9990
9	80	10	0,2883	1,414	0,9996

Observa-se que a taxa de evaporação apresenta um comportamento semelhante para o período de taxa constante tanto para o hepatopâncreas como para a carne do escargot, mostrando um coeficiente de correlação superior a 0,99% em todos os experimentos. Como era de se esperar, a taxa aumentou com o aumento da temperatura. A diminuição com a espessura da amostra, pode estar relacionado com a maior dificuldade de acesso da água à superfície evaporante, no caso de camadas mais espessas, o que indicaria um controle misto de transferência de massa. Verifica-se que a maior influência neste período foi da temperatura indicando um predomínio da resistência externa à transferência de calor e massa. Este fato é constatado pela observação de que as taxas de evaporação da carne e hepatopâncreas para ensaios realizados em condições operacionais análogas são praticamente iguais, indicando que as condições externas controlam a transferência no período de taxa constante.

Com os valores da taxa de evaporação já determinados, foi possível estimar os coeficientes de transferência de calor e massa para o período de taxa constante, tendo como base as Equações (2.1 e 2.2) dos coeficientes de transferência descritos no capítulo 2. A partir da carta psicrométrica obtemos os resultados que são apresentados nas Tabelas 4.10 e 4.11.

Tabela 4.10. Coeficientes de transferência obtidos para o período de taxa constante no hepatopâncreas na 2<sup>o</sup> etapa.

Ensaio	Temperatura (°C)	Espessura (mm)	h (kJ/sm <sup>2</sup> °C)	K <sub>h</sub> (kg ar seco/sm <sup>2</sup> )	U <sub>sat</sub> (kg/kg)	T <sub>sat</sub> (°C)
1	70	5	0,0171	0,0159	0,0325	33
2	70	15	0,0162	0,0155	0,0343	33,9
3	90	5	0,0189	0,0155	0,0438	36,7
4	90	15	0,0164	0,0151	0,0418	37,3
5	80	10	0,0172	0,0167	0,039	36,1

Tabela 4.11. Coeficientes de transferência obtidos para o período de taxa constante na carne do escargot na 2<sup>o</sup> etapa.

Ensaio	Temperatura (°C)	Espessura (mm)	h (kJ/sm <sup>2</sup> °C)	K <sub>h</sub> (kg ar seco/sm <sup>2</sup> )	U <sub>sat</sub> (kg/kg)	T <sub>sat</sub> (°C)
1	70	5	0,0182	0,0169	0,0325	33
2	70	15	0,0155	0,0149	0,0343	33,9
3	90	5	0,0202	0,0191	0,0404	36,7
4	90	15	0,0169	0,0158	0,0418	37,3
5	80	10	0,0185	0,0182	0,0385	35,9
6	80	10	0,0204	0,0193	0,0377	35,5

De uma maneira geral, os coeficientes de transferência de calor e massa tanto para carne como para o hepatopâncreas, não tiveram influência da temperatura e da espessura durante o processo de secagem.

As medidas necessárias para a obtenção dos valores dos coeficientes para a 1<sup>o</sup> etapa, não foram realizadas devido a problemas no equipamento de medição.

#### 4.3.4 – Período de Taxa Decrescente

Para o período de taxa decrescente foi observado dois períodos bem distintos: o 1<sup>o</sup> período de taxa decrescente e o 2<sup>o</sup> período de taxa decrescente tanto para o escargot como

para o hepatopâncreas. Este comportamento encontra-se ilustrado através dos gráficos de  $\text{LnU}^*$  em função do tempo apresentados nas Figuras 4. 9 e 4.10.

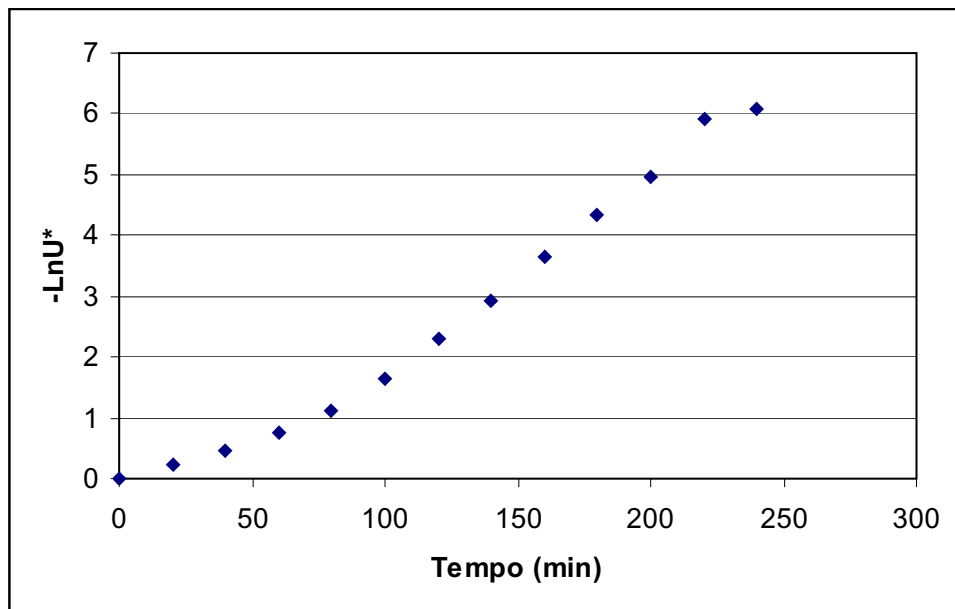


Figura 4.9. Período de taxa de decrescente para o escargot (70 °C e 5 mm).

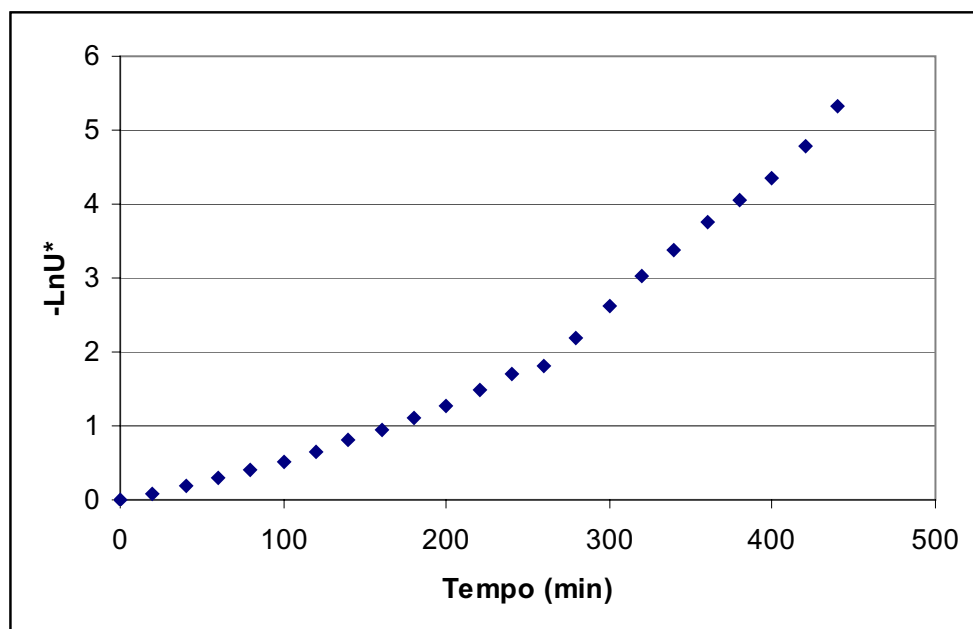


Figura 4.10. Período de taxa decrescente para o Hepatopâncreas (90 °C e 15 mm).

As constantes de secagem da equação 3.1 (capítulo 3),  $k_1$  e  $k_2$  para cada um dos períodos de taxa decrescente, foram obtidas a partir da linearização dos gráficos representadas pelos coeficientes angulares das retas dos dados experimentais para cada período da taxa decrescente. No segundo período de taxa decrescente, através da extrapolação dos dados experimentais para a condição de derivada nula, no intercepto com o eixo das abscissas determinou-se a umidade de equilíbrio. Os valores das umidades críticas e de equilíbrio para o hepatopâncreas e para a carne encontram-se nas Tabela 4.12. Para alguns casos a umidade de equilíbrio foi considerada zero devido a dificuldade de se ajustar os dados experimentais a uma estimativa razoável.

Tabela 4.12. Umidades crítica (base seca) e de equilíbrio para o escargot e hepatopâncreas.

Ensaio	Escargot			Hepatopâncreas		
	T (°C) /E (mm)	$u_c$	$u_e$	T (°C) /E (mm)	$u_c$	$u_e$
1	70 / 5	1,154	0,0071	70 / 5	1,086	0,0665
2	70 / 5	1,126	0,0075	70 / 5	2,029	0,0245
3	70 / 15	0,964	0,0023	70 / 15	0,965	0,0617
4	70 / 15	1,233	0,0000	70 / 15	1,031	0,0170
5	90 / 5	1,665	0,0058	90 / 5	1,405	0,0315
6	90 / 5	1,715	0,0000	90 / 5	1,432	0,0000
7	90 / 15	1,141	0,0067	90 / 15	1,258	0,1092
8	90 / 15	1,382	0,0000	90 / 15	1,116	0,0341
9	80 / 10	1,145	0,0000	80 / 10	1,414	0,0000
10	80 / 10	1,335	0,0000	-	-	-

A umidade de equilíbrio representa o teor de umidade limite a que um dado material pode ser seco em condições determinadas de temperatura de umidade do ar. A  $u_c$  é a umidade média em todo o material. O seu valor depende da velocidade de secagem, da

espessura do material, de fatores que influenciam o movimento da umidade e dos gradientes formados no interior do sólido. A  $u_c$  aumenta com o aumento da velocidade de secagem e com o aumento da espessura da massa de material sujeito ao processo.

#### 4.3.4.1 - 1º período de taxa decrescente

As Figuras 4.11 e 4.12 mostram as retas ajustadas para os dados experimentais relativos aos ensaios 1 para o escargot e 4 para o hepatopâncreas, para determinação das constantes de secagem do 1º período de taxa decrescente.

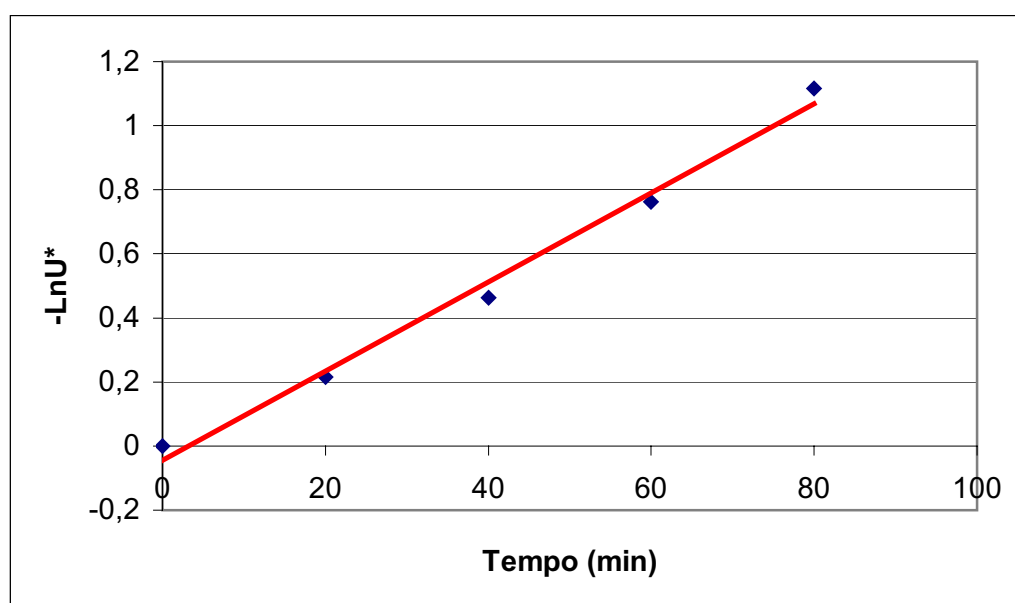


Figura 4.11. Estimativa da constante de secagem para o 1º período de taxa decrescente do escargot (70 °C e 5 mm).

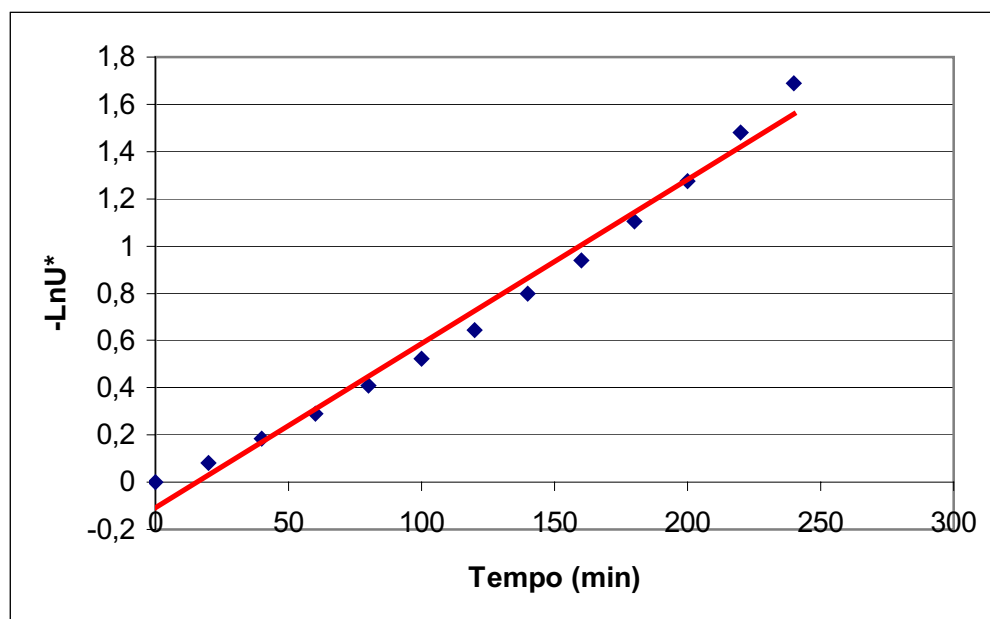


Figura 4.12. Estimativa da constante de secagem para o 1º período de taxa decrescente do hepatopâncreas (90 °C e 15 mm).

As Tabelas 4.13 e 4.14 mostram os resultados da constante de secagem para todos os experimentos. Observa-se que com a elevação da temperatura, em geral, aumenta a constante de secagem. Como esperado, os ensaios realizados com maior espessura apresentaram uma constante de secagem menor, devido ao aumento do caminho difusional.

Tabela 4.13. Constantes de secagem obtidas para o 1º período de taxa decrescente para o escargot.

Ensaio	Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Cte. de Secagem (min) <sup>-1</sup>	u <sub>c</sub>	R <sup>2</sup>
1	70	5	0,0228	1,154	0,9871
2	70	5	0,0139	1,126	0,9899
3	70	15	0,0064	0,964	0,9651
4	70	15	0,0042	1,233	0,9912
5	90	5	0,0269	1,665	0,9327
6	90	5	0,0193	1,715	0,9787
7	90	15	0,0079	1,141	0,9613
8	90	15	0,0057	1,382	0,9869
9	80	10	0,0128	1,145	0,9651
10	80	10	0,0069	1,335	0,9929

Tabela 4.14. Constante de secagem representada pelo coeficiente angular da reta ajustada para o hepatopâncreas no 1º período de taxa decrescente.

Ensaio	Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Cte de secagem (min) <sup>-1</sup>	u <sub>c</sub>	R <sup>2</sup>
1	70	5	0,0145	1,086	0,9898
2	70	5	0,0046	2,029	0,9887
3	70	15	0,0039	0,965	0,9796
4	70	15	0,0045	1,031	0,9900
5	90	5	0,0152	1,405	0,9649
6	90	5	0,0178	1,432	0,9868
7	90	15	0,0056	1,258	0,9801
8	90	15	0,0069	1,116	0,9838
9	80	10	0,0062	1,414	0,9869



#### 4.3.4.2 – 2º Período de taxa decrescente

As Figuras 4.13 e 4.14 mostram as retas ajustadas para os dados experimentais relativos aos ensaios 1 para o escargot e 4 para o hepatopâncreas, para determinação das constantes de secagem do 2º período de taxa decrescente.

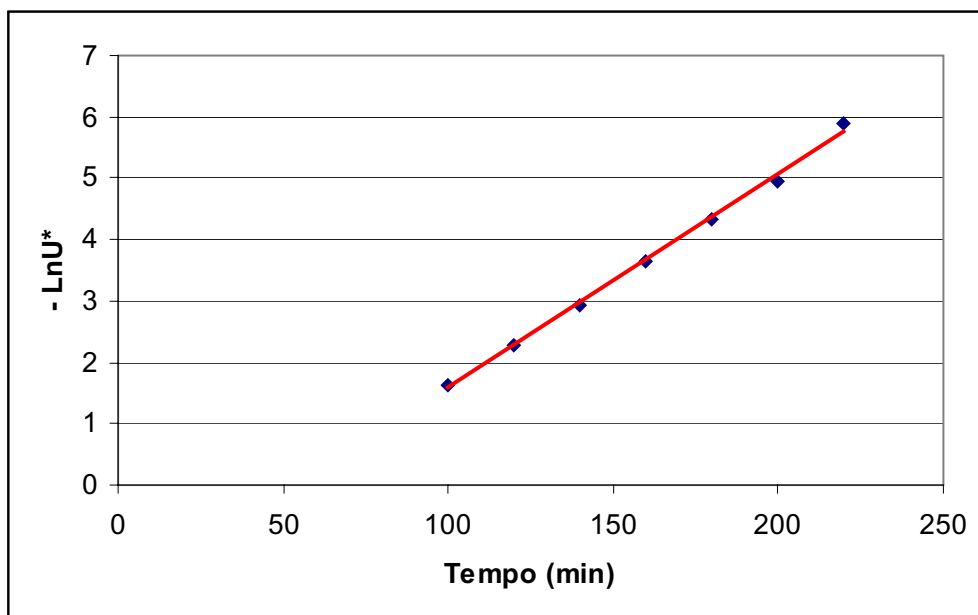


Figura 4.13. Estimativa da constante de secagem para o 2º período de taxa decrescente do escargot (70 °C e 5mm).

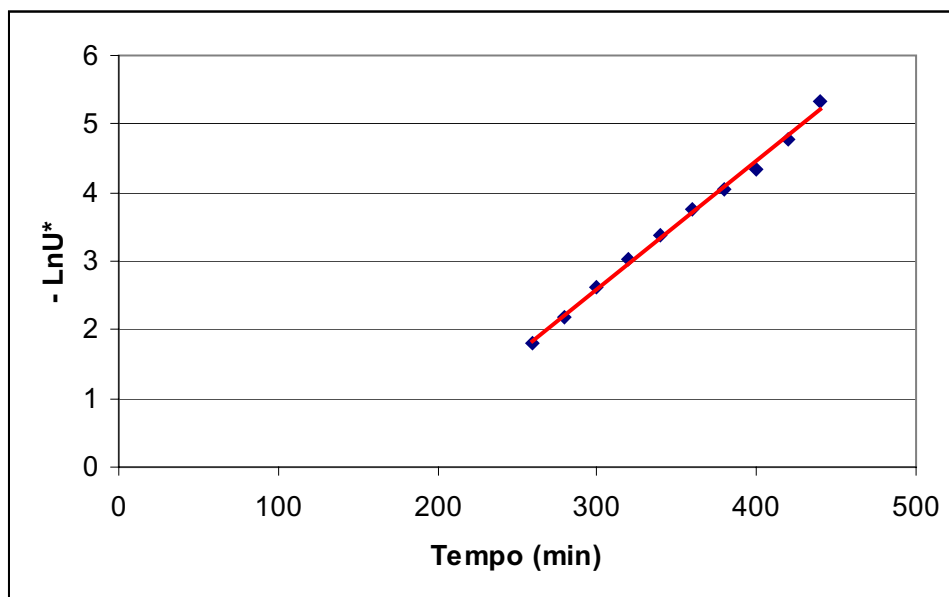


Figura 4.14. Estimativa da constante de secagem para o 2º período de taxa decrescente do hepatopâncreas (90 °C e 15 mm).

As Tabelas 4.15 e 4.16 apresentam os valores das constantes de secagem encontradas para todos os ensaios. Neste período a constante de secagem também diminui com o aumento do caminho difusional, ou seja, com o aumento da espessura, como foi visto para o 1º período. De uma forma geral, a temperatura e a espessura influenciaram nos valores encontrados para a constante, aumentando e diminuindo respectivamente. Este efeito é menos evidenciado para o hepatopâncreas.

Tabela 4.15. Constante de secagem representada pelo coeficiente angular da reta ajustada para o escargot no 2º período de taxa decrescente.

Ensaio	Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Cte. de Secagem (min) <sup>-1</sup>	u <sub>c</sub>	R <sup>2</sup>
1	70	5	0,0078	1,154	0,7994
2	70	5	0,0349	1,126	0,9973
3	70	15	0,02200	0,964	0,9818
4	70	15	0,0111	1,233	0,9872
5	90	5	0,0377	1,665	0,9951
6	90	5	0,0788	1,715	0,9697
7	90	15	0,0183	1,141	0,9953
8	90	15	0,0239	1,382	0,9387
9	80	10	0,0394	1,145	0,9751
10	80	10	0,0268	1,335	0,8952

Tabela 4.16. Constante de secagem representada pelo coeficiente angular da reta ajustada para o hepatopâncreas no 2º período de taxa decrescente.

Ensaio	Temperatura (°C)	Espessura (mm)	Cte de secagem (min) <sup>-1</sup>	u <sub>c</sub>	R <sup>2</sup>
1	70	5	0,0221	1,086	0,9929
2	70	5	0,0141	2,029	0,9961
3	70	15	0,0121	0,965	0,9860
4	70	15	0,0116	1,031	0,9857
5	90	5	0,0398	1,405	0,9960
6	90	5	0,0414	1,432	0,9943
7	90	15	0,0098	1,258	0,9925
8	90	15	0,0187	1,116	0,9962
9	80	10	0,0130	1,414	0,9930

A baixa reprodutibilidade dos dados, para as mesmas condições operacionais, pode-se dar a fatores externos, como por exemplo a localização da estufa, que podem influenciar na leitura e, conseqüentemente, nos cálculos dos resultados obtidos. Mas que, entretanto, não influenciaram na coerência dos mesmos.

## 4.4- Planejamento Experimental 2<sup>2</sup>

### 4.4.1 – Análise dos resultados dos ensaios de secagem

O tratamento estatístico utilizado neste trabalho teve como ferramenta o programa Statistica que foi utilizado para os dois períodos de secagem observados nos resultados obtidos. Para o período de taxa constante foi analisada a taxa de evaporação e para o período de taxa decrescente a constante de secagem. A matriz experimental com suas variáveis independentes e dependentes (respostas) para cada período serão apresentadas nos tópicos correspondentes.

#### 4.4.1.1 – Período de taxa constante

As tabelas 4.17 e 4.18 mostram a matriz experimental utilizada no programa com as variáveis independentes e dependentes para a carne e o hepatopâncreas no período de taxa constante, respectivamente.

Tabela 4.17. Matriz das variáveis independentes codificadas e variáveis dependentes para os ensaios de secagem da carne do escargot.

Ensaio	$X_{temp}$	$X_{espes}$	Taxa de Evaporação (g/min)
1	-1	-1	0,2932
2	-1	-1	0,2573
3	+1	-1	0,4564
4	+1	-1	0,4122
5	-1	+1	0,2289
6	-1	+1	0,2139
7	+1	+1	0,3538
8	+1	+1	0,3426
9	0	0	0,3131
10	0	0	0,3464

Tabela 4.18. Matiz das variáveis independentes codificadas e variáveis dependentes para os ensaios de secagem do hepatopâncreas.

<b>Ensaio</b>	<b>X<sub>temp</sub></b>	<b>X<sub>espes</sub></b>	<b>Taxa de Evaporação (g/min)</b>
1	-1	-1	0,2744
2	-1	-1	0,2414
3	+1	-1	0,2061
4	+1	-1	0,223
5	-1	+1	0,4095
6	-1	+1	0,3851
7	+1	+1	0,3298
8	+1	+1	0,331
9	0	0	0,2883

Devido a pouca matéria prima disponível, principalmente do hepatopâncreas, os ensaios no ponto central não foram realizados em triplicata.

Considerando as interações entre as variáveis num limite de confiança de 95%, tanto para a carne como o hepatopâncreas, as Tabelas 4.19 e 4.20 mostram os efeitos da temperatura e da espessura para a taxa de evaporação. Os valores em negrito representam as variáveis que apresentaram significância estatística. Não foi identificado efeito significativo da interação entre as variáveis sobre a taxa de evaporação neste período.

Tabela 4.19. Estimativa dos efeitos para a taxa de evaporação da carne do escargot.

<b>Variáveis Independentes</b>	<b>Efeitos Estimados</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Limite de Confiança -95%</b>	<b>Limite de Confiança +95%</b>
Média	0,321780	0,006857	0,304154	0,339406
$X_{temp}$	<b>0,142925</b>	<b>0,015333</b>	<b>0,103511</b>	<b>0,182339</b>
$X_{espes}$	<b>-0,069975</b>	<b>0,015333</b>	<b>-0,109389</b>	<b>-0,030561</b>
$X_{temp} \cdot X_{espes}$	-0,016125	0,015333	-0,055539	0,023289

Tabela 4.20. Estimativa dos efeitos para a taxa de evaporação do hepatopâncreas.

<b>Variáveis Independentes</b>	<b>Efeitos Estimados</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Limite de Confiança -95%</b>	<b>Limite de Confiança +95%</b>
Média	0,298733	0,005233	0,284205	0,313262
$X_{temp}$	<b>0,127625</b>	<b>0,011100</b>	<b>0,096806</b>	<b>0,158444</b>
$X_{espes}$	<b>-0,055125</b>	<b>0,011100</b>	<b>-0,085944</b>	<b>-0,024306</b>
$X_{temp} \cdot X_{espes}$	-0,01175	0,011100	-0,042594	0,019044

Conforme foi observado, as variáveis independentes temperatura e espessura ( $X_{temp}$  e  $X_{espes}$ ) tiveram uma significância estatística sobre a taxa de evaporação para o período de taxa constante tanto para carne como para o hepatopâncreas. Como foi identificado e discutido no item 4.3.2, o valor positivo da temperatura indica uma elevação na taxa de evaporação quando se passa do nível menor para o maior, ou seja, de 70 °C para 90 °C, sendo o seu valor em termos absolutos mais importante. O efeito da espessura para esse período é negativo.

Para este período, era esperado o efeito positivo da temperatura sobre a taxa de evaporação, uma vez que a transferência de calor é diretamente influenciada pelo aumento da mesma e indiretamente para a transferência de massa com a diminuição da umidade relativa do ar. O efeito inesperado da espessura pode ser atribuído ao encolhimento da área de

transferência, influenciado pela espessura da torta, embora, pelo modelo proposto, a espessura não deveria influenciar a taxa de evaporação no período de taxa constante.

#### 4.4.1.2 – Período de taxa decrescente

Conforme foi mostrado no item 4.3.3 este período possui duas etapas bem distintas: o 1º período e o 2º período de taxa decrescente. Neste caso, foram analisados os períodos separadamente mostrando a matriz experimental e seus efeitos significativos para a constante de secagem.

##### 1º Período de taxa decrescente

A matriz experimental utilizada no programa com as variáveis independentes e dependentes para a carne e o hepatopâncreas no período de taxa decrescente são mostradas nas Tabelas 4.21 e 4.22, respectivamente.

Tabela 4.21. Matriz das variáveis independentes codificadas e variáveis dependentes para os ensaios de secagem da carne do escargot no 1º período de taxa decrescente.

<b>Ensaio</b>	<b>X<sub>temp</sub></b>	<b>X<sub>espes</sub></b>	<b>Cte. de secagem (g/min)</b>
1	-1	-1	0,0228
2	-1	-1	0,0139
3	+1	-1	0,0064
4	+1	-1	0,0042
5	-1	+1	0,0269
6	-1	+1	0,0193
7	+1	+1	0,0079
8	+1	+1	0,0057
9	0	0	0,0128
10	0	0	0,0069



Tabela 4.22. Matiz das variáveis independentes codificadas e variáveis dependentes para os ensaios de secagem do hepatopâncreas no 1º período de taxa decrescente.

<b>Ensaio</b>	<b>X<sub>temp</sub></b>	<b>X<sub>espes</sub></b>	<b>Cte de secagem (g/min)</b>
1	-1	-1	0,0145
2	-1	-1	0,0046
3	+1	-1	0,0039
4	+1	-1	0,0045
5	-1	+1	0,0152
6	-1	+1	0,0178
7	+1	+1	0,0056
8	+1	+1	0,0069
9	0	0	0,0062

Nas Tabelas 4.23 e 4.24 são apresentados os efeitos das variáveis independentes e suas interações, em relação a variável resposta com um limite de confiança de 95%. O termo em negrito apresentou uma significância estatística. Também para este período não foi identificado efeito significativo da interação entre as variáveis sobre a constante de secagem.

Tabela 4.23. Estimativa dos efeitos para a constante de secagem da carne do escargot para o 1º período de taxa decrescente.

<b>Variáveis Independentes</b>	<b>Efeitos Estimados</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Limite de Confiança -95%</b>	<b>Limite de Confiança +95%</b>
Média	0,012680	0,001347	0,009217	0,016143
X <sub>temp</sub>	0,003125	0,003012	-0,004618	0,010868
X <sub>espes</sub>	<b>-0,014675</b>	<b>0,003012</b>	<b>-0,022418</b>	<b>-0,006932</b>
X <sub>temp</sub> · X <sub>espes</sub>	-0,001625	0,003012	-0,009368	0,006118

Tabela 4.24. Estimativa dos efeitos para a constante de secagem do hepatopâncreas para o 1º período de taxa decrescente.

<b>Variáveis Independentes</b>	<b>Efeitos Estimados</b>	<b>Desvio padrão</b>	<b>Limite de Confiança -95%</b>	<b>Limite de Confiança +95%</b>
Média	0,008800	0,001218	0,005418	0,012182
$X_{temp}$	0,004500	0,002584	-0,002674	0,011674
$X_{espes}$	<b>-0,007800</b>	<b>0,002584</b>	<b>-0,014974</b>	<b>-0,000626</b>
$X_{temp} \cdot X_{espes}$	-0,002450	0,002584	-0,009624	0,004724

Observa-se que para esse caso, apenas a variável espessura ( $X_{espes}$ ) apresentou uma significância estatística para a constante de secagem, tendo o seu valor absoluto maior em relação à temperatura tanto para a carne como para o hepatopâncreas. O efeito negativo da espessura explica a diminuição da constante de secagem quando se aumenta a espessura de 5 mm para 15 mm, explicado no item 4.3.3.1.

### **2º Período de taxa decrescente**

Através da análise estatística realizada neste período não foi identificado efeito significativo para a carne do escargot no que se diz respeito a constante de secagem em relação as variáveis independentes. Portanto, serão apresentados apenas os efeitos para o hepatopâncreas.

Na Tabela 4.25 será mostrada a matriz experimental utilizada no programa Statistica para as variáveis independentes e de resposta em relação a constante de secagem para o hepatopâncreas.

Tabela 4.25. Matriz das variáveis independentes codificadas e variáveis dependentes para os ensaios de secagem do hepatopâncreas no 2º período de taxa decrescente.

Ensaio	$X_{temp}$	$X_{espes}$	Cte de secagem (g/min)
1	-1	-1	0,0221
2	-1	-1	0,0141
3	+1	-1	0,0121
4	+1	-1	0,0116
5	-1	+1	0,0398
6	-1	+1	0,0414
7	+1	+1	0,0098
8	+1	+1	0,0187
9	0	0	0,0130

Os efeitos estimados para as variáveis temperatura e espessura e suas interações com um limite de confiança de 95% para a constante de secagem neste período estão apresentados na Tabela 4.26. Os termos em negrito apresentaram uma significância estatística em relação a variável resposta.

Tabela 4.26. Estimativa dos efeitos para a constante de secagem do hepatopâncreas para o 2º período de taxa decrescente.

Variáveis Independentes	Efeitos Estimados	Desvio padrão	Limite de Confiança -95%	Limite de Confiança +95%
Média	0,020281	0,001424	0,016335	0,024243
$X_{temp}$	<b>0,012450</b>	<b>0,003021</b>	<b>0,004062</b>	<b>0,020838</b>
$X_{espes}$	<b>-0,016300</b>	<b>0,003021</b>	<b>-0,024688</b>	<b>-0,007912</b>
$X_{temp} \cdot X_{espes}$	<b>-0,010050</b>	<b>0,003021</b>	<b>-0,018438</b>	<b>-0,001662</b>

Observa-se, neste caso, que as variáveis independentes: temperatura e espessura, bem como a interação entre elas, influenciam na variável resposta. O efeito é positivo para a temperatura e negativo para a espessura e a interação. Mas conforme foi visto para o 1º período a espessura também tem o seu valor absoluto maior em relação as outras variáveis sendo a sua influência mais significativa.

Espera-se, que para o período de taxa decrescente, a constante de secagem diminuía com a espessura, este efeito é comprovado tanto para carne como para o hepatopâncreas. No entanto, para a temperatura, cuja tendência é aumentar a constante de secagem, foi observado efeito positivo. O encolhimento da área de transferência e da espessura, como também o aparecimento de fissuras, que modifica a porosidade do meio, e a formação de uma crosta observada experimentalmente, podem ser responsáveis por este comportamento inesperado, contribuindo para o afastamento dos modelos.

#### 4.4.1.3 – Análise dos efeitos

As Tabelas 4.27 e 4.28 apresentam o resumo dos efeitos estimados das variáveis independentes temperatura ( $X_{temp}$ ) e espessura ( $X_{espes}$ ) sobre as variáveis de resposta, taxa de evaporação e constante de secagem para o planejamento fatorial  $2^2$  e limite de confiança de 95% na carne do escargot e no hepatopâncreas. A ANOVA com todos dos resultados desse planejamento encontra-se no apêndice I.

Tabela 4.27. Estimativa dos efeitos para a taxa de evaporação e a constante de secagem na carne de escargot.

Variáveis Independentes	Efeitos Estimados	
	Taxa de Evaporação (g/min)	Cte de secagem ( $\text{min}^{-1}$ )
		1º Período
Média	0,321780	0,012680
$X_{temp}$	<b>0,142925</b>	0,003125
$X_{espes}$	<b>-0,069975</b>	<b>-0,014675</b>
$X_{temp} \cdot X_{espes}$	-0,016125	-0,001625

Tabela 4.28. Estimativa dos efeitos para a taxa de evaporação e a constante de secagem na carne de hepatopâncreas.

Variáveis Independentes	Efeitos Estimados		
	Taxa de Evaporação (g/min)	Cte de secagem (min <sup>-1</sup> )	
		1º Período	2º Período
Média	0,298733	0,008800	0,020281
$X_{temp}$	<b>0,127625</b>	0,004500	<b>0,012450</b>
$X_{espes}$	<b>-0,055125</b>	<b>-0,007800</b>	<b>-0,016300</b>
$X_{temp} \cdot X_{espes}$	-0,01175	-0,002450	<b>-0,010050</b>

Conforme foi mostrado nas tabelas anteriores, os efeitos significativos das variáveis independentes e suas interações sobre as variáveis dependentes, considerando o planejamento fatorial  $2^2$ , são os seguintes:

a) De um modo geral, a interação  $X_{temp} \cdot X_{espes}$  não apresentou efeito significativo para as variáveis de resposta, com exceção para o 2º período de taxa decrescente no hepatopâncreas;

b) Com relação à taxa de evaporação, tanto para a carne como para o hepatopâncreas as variáveis independentes  $X_{temp}$  e  $X_{espes}$  tiveram efeito significativo;

c) Para a constante de secagem, a variável  $X_{espes}$  apresentou um efeito significativo para a carne e o hepatopâncreas no primeiro período de taxa decrescente. No segundo período as variáveis  $X_{temp}$ ,  $X_{espes}$  e  $X_{temp} \cdot X_{espes}$  apresentaram efeitos significativos para o hepatopâncreas, o que não foi observado para a carne.

Diante do que foi analisado dos efeitos obtidos das variáveis estudadas, podemos ter a seguinte constatação:

A temperatura para o período de taxa constante se mostrou mais significativa em termos de efeito já que nesta fase da secagem as influências externas são mais evidentes que as internas. Desta forma, pode-se ter uma secagem em dois momentos, onde no primeiro a

temperatura seria maior e no segundo momento uma temperatura menor, já que para o período de taxa decrescente a espessura se mostrou mais significativa em termos de efeito, apesar de negativo. Assim haveria uma economia de energia no processo.

#### 4.4.2 – Análise de regressão dos modelos estatísticos

As equações obtidas correspondente ao modelo estatístico são apresentadas em função das variáveis que influenciam na variável resposta, sendo eliminada os termos que não foram significativos.

As equações 4.1 e 4.2 representam os modelos estatísticos da carne do escargot para as variáveis de resposta: taxa de evaporação e constante de secagem, respectivamente.

$$Y_{T.\text{de evaporação}} = 0,321780 + 0,071463 X_{\text{Temp.}} - 0,034988 X_{\text{Espess}} \quad (4.1)$$

$$Y_{\text{Cte de secagem}} = 0,012680 - 0,007338 X_{\text{Espess.}} \quad (4.2)$$

As equações 4.3 a 4.5 representam os modelos estatísticos do hepatopâncreas para as variáveis de resposta: taxa de evaporação, constante de secagem do primeiro período e segundo de taxa decrescente, respectivamente.

$$Y_{T.\text{de evaporação}} = 0,298733 + 0,063813 X_{\text{Temp.}} - 0,027562 X_{\text{Espess}} \quad (4.3)$$

$$Y_{\text{cte de secagem}} = 0,0088 - 0,0039 X_{\text{Espess.}} \quad (4.4)$$

$$Y_{\text{cte de secagem}} = 0,020289 + 0,006225 X_{\text{Temp.}} - 0,008150 X_{\text{Espess.}} - 0,005025 X_{\text{Temp.}} X_{\text{Espess}} \quad (4.5)$$

Esta equações foram determinadas a partir das análises de variância das Tabelas I.1 a I.5 apresentadas no Apêndice I.

Os resultados desta análise de regressão para todas as variáveis de resposta são mostrados nas Tabelas 4.29 e 4.30.

Tabela 4.29. Resultados da análise de regressão para a carne de escargot.

Var. Resposta	Qualid. do Ajuste (%)	Coef. de Correlação	Teste F (Regressão)			Teste F (Falta de Ajuste)		
			F <sub>calc</sub> MQ <sub>R</sub> /MQ <sub>r</sub>	F <sub>tab</sub> (95%)	F <sub>calc</sub> /F <sub>tab</sub>	F <sub>calc</sub> MQ <sub>faj</sub> /MQ <sub>ep</sub>	F <sub>tab</sub> (95%)	F <sub>calc</sub> /F <sub>tab</sub>
T. de Evap.	92,987	0,953	41,0431	4,76	8,623	0,338	6,61	0,051
Cte de Secagem (1° P.)	70,663	0,804	8	4,76	1,681	1,111	6,61	0,168

Tabela 4.30. Resultados da análise de regressão para o hepatopâncreas.

Var. Resposta	Qualid. do Ajuste (%)	Coef. de Correlação	Teste F (Regressão)			Teste F (Falta de Ajuste)		
			F <sub>calc</sub> MQ <sub>R</sub> /MQ <sub>r</sub>	F <sub>tab</sub> (95%)	F <sub>calc</sub> /F <sub>tab</sub>	F <sub>calc</sub> MQ <sub>faj</sub> /MQ <sub>ep</sub>	F <sub>tab</sub> (95%)	F <sub>calc</sub> /F <sub>tab</sub>
T. de Evap.	95,572	0,972	58,45	5,41	10,806	0,494	7,71	0,064
Cte de Secagem (1° P.)	58,493	0,741	4,83	5,41	0,893	0,615	7,71	0,079
Cte de Secagem (2° P.)	81,937	0,887	15,82	5,41	2,944	3,33	7,71	0,432

Observa-se na Tabela 4.29, que para a carne do escargot, o valor do coeficiente de correlação em relação a taxa de evaporação e os valores preditos pelo modelo estatístico de primeira ordem é de 0,953. A regressão é explicada por 92,99% da variação em torno da média para um valor máximo explicável de 95,62%. Para o teste F, observou um valor de 8,62 vezes maior que o tabelado, dentro de um nível de confiança de 95%, verificando que uma quantidade significativa apresentada pela simulação é explicada pelo modelo. Assim, a equação encontrada para o modelo é estatisticamente significativa e preditiva. A figura 4.15 mostra os valores experimentais em concordância com a reta dos valores previstos pelo modelo para a taxa de evaporação.

Na Figura 4.16 observa-se uma tendência na distribuição dos resíduos indicando uma anormalidade na mesma. Barros Neto et al (1996) afirma que esse tipo de comportamento pode invalidar o teste F, sendo necessário um teste F da falta de ajuste ( $MQ_{faj}/MQ_{ep}$ ) para avaliar se o modelo está ajustado as observações experimentais ou não. Os valores apresentados na Tabela 4.29, mostram que  $MQ_{faj}/MQ_{ep} = 0,338$  é muito inferior ao  $F_{tab}$ ,  $F_{1,5} = 6,61$ , neste caso o ajuste do modelo aos dados experimentais é satisfatório. Um valor alto desta razão  $MQ_{faj}/MQ_{ep}$ , ou seja  $F > 1$ , indicaria uma falta de ajuste.

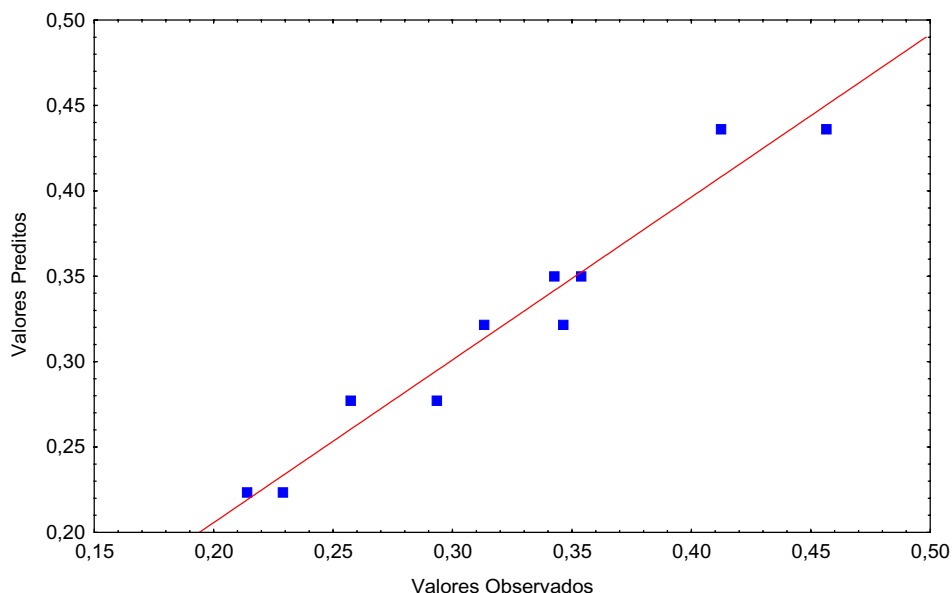


Figura 4.15. Valores observados versus valores preditos para a taxa de evaporação na carne do escargot.



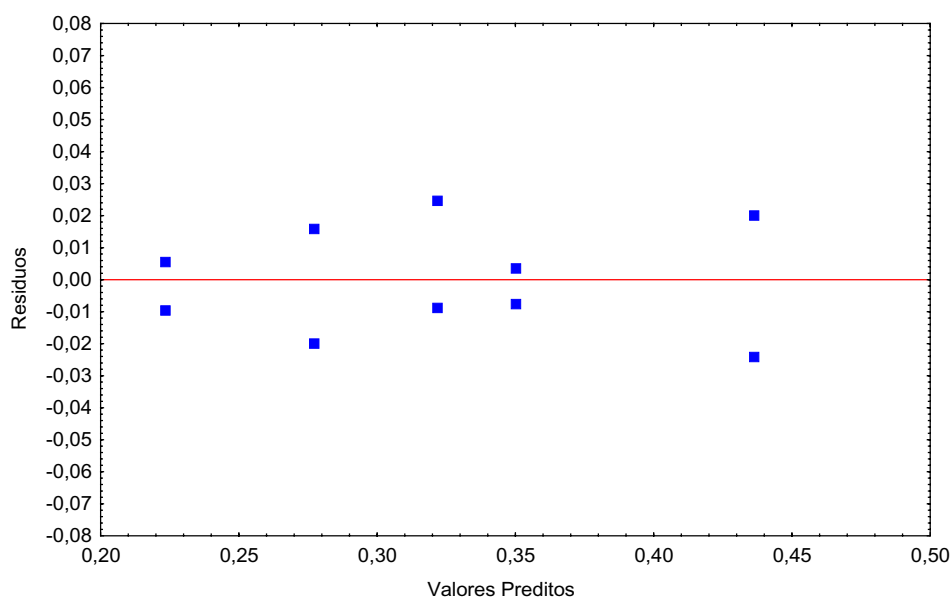


Figura 4.16. Distribuição dos resíduos para a taxa de evaporação na carne de escargot.

Para o 1º período de taxa decrescente na carne do escargot, o resultado para o coeficiente de correlação foi de 0,804 e a variação explicada pela regressão foi de 70,66% para um valor máximo explicável de 83,92%. O valor do teste F é 1,68 vezes superior ao tabelado para 95% de confiança, demonstrando a não significância estatística e que a equação ajustada ao modelo não é preditiva. A Figura 4.17 mostra que o ajuste com os dados experimentais não houve uma boa concordância com os observados e os preditos. O valor do teste F pela falta de ajuste ( $MQ_{faj}/MQ_{ep} = 1,111$ ), calculado a partir da Tabela I.2 do Apêndice I, é inferior ao tabelado,  $F_{1,5} = 6,61$ , mostrando uma dispersão dos resíduos ilustrado na Figura 4.18.

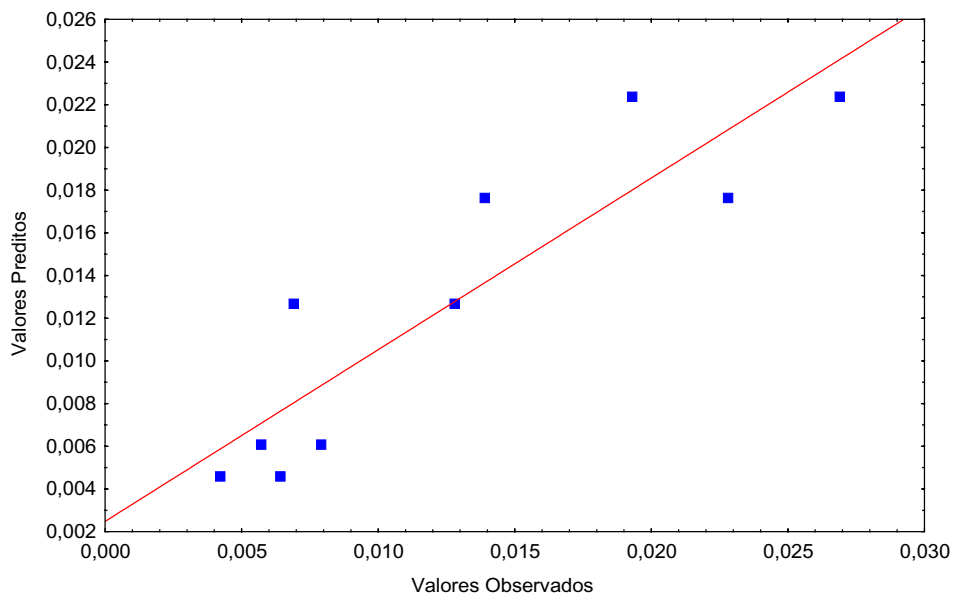


Figura 4.17. Valores observados versus valores preditos para a constante de secagem no 1º período na carne do escargot.

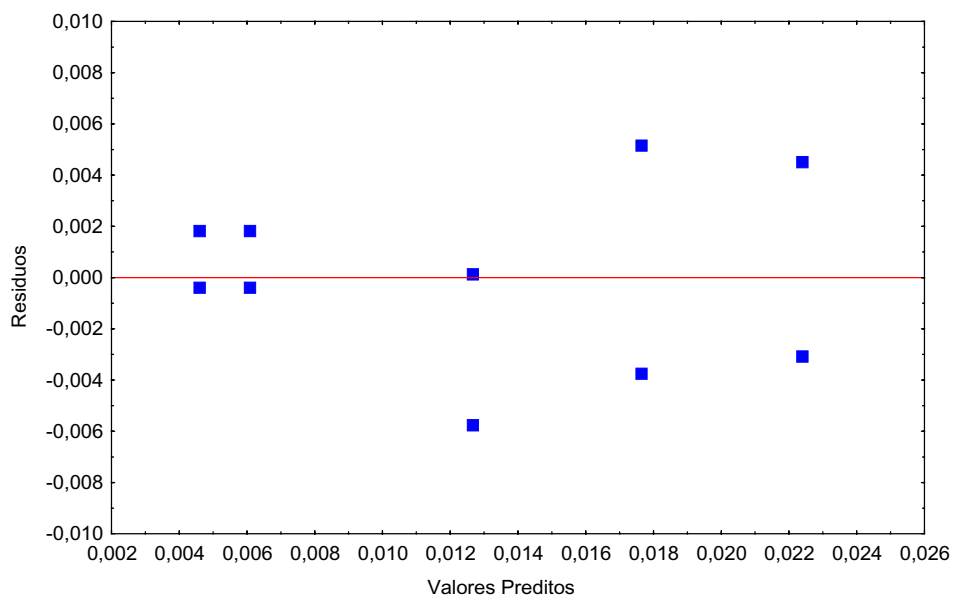


Figura 4.18. Distribuição dos resíduos para a constante de secagem na carne de escargot.

Em relação à taxa de evaporação para o hepatopâncreas a Tabela 4.30 mostra que o coeficiente de correlação é de 0,972 e que a regressão é explicada por 95,57% para um valor

máximo explicável de 97,54%. O valor do teste F encontrado é 10,81 vezes maior que o tabelado dentro de um limite de confiança de 95%, sendo o modelo explicável para uma grande quantidade significativa apresentada pela simulação no programa Statistica. Desta forma, a equação encontrada para o modelo é estatisticamente significativa e preditiva. A Figura 4.19 mostra os valores experimentais em concordância com a reta dos valores previstos pelo modelo para a taxa de evaporação.

A Figura 4.20 apresenta, mais uma vez, uma tendência na distribuição dos resíduos e uma anormalidade é identificada. O Teste F da falta de ajuste encontrado ( $MQ_{faj}/MQ_{ep} = 0,494$ ), é inferior ao tabelado,  $F_{1,4} = 7,71$ , sendo satisfatório o ajuste do modelo em relação aos dados experimentais.

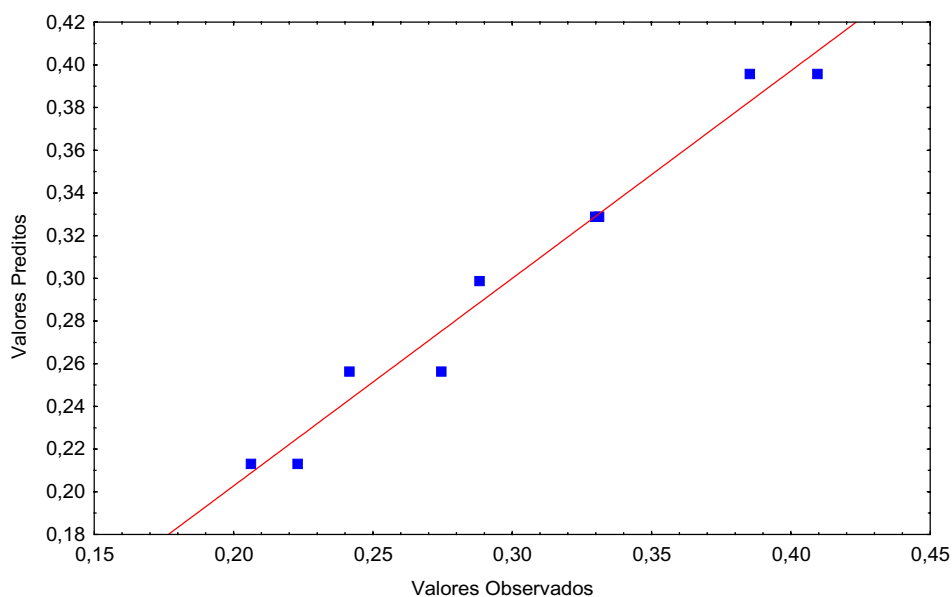


Figura 4.19. Valores observados versus valores preditos para a taxa de evaporação no hepatopâncreas.

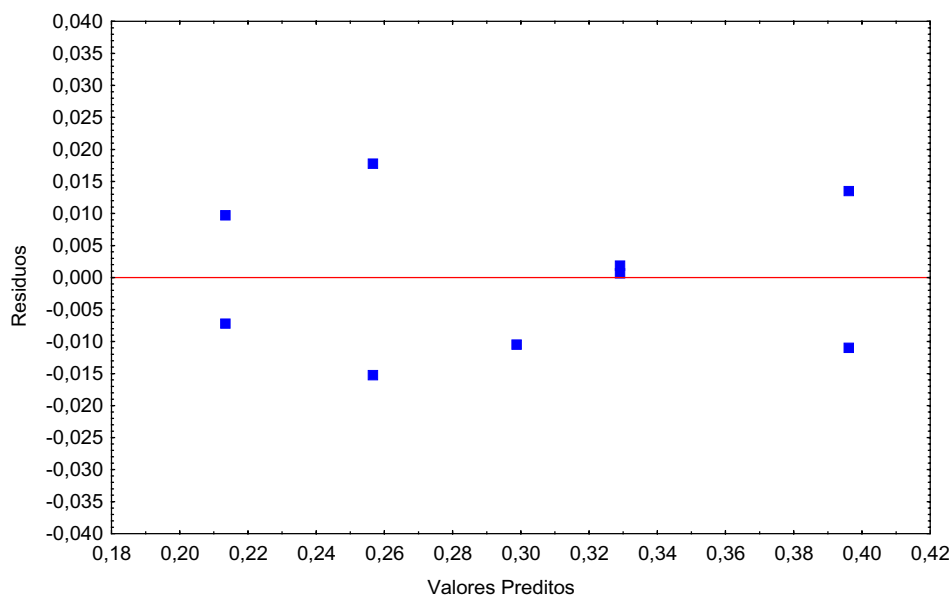


Figura 4.20. Distribuição dos resíduos para a taxa de evaporação no hepatopâncreas.

Para a constante de secagem no primeiro período de taxa decrescente, os dados experimentais não apresentaram um bom ajuste ao modelo. O coeficiente de correlação é de 0,741 e a variação explicada foi de 58,49% da variação total em torno da média em relação ao valor máximo explicável de 77,45%. O valor de F obtido pelo modelo é inferior ao F tabelado para um limite de confiança de 95%, sendo 0,893 vezes menor, demonstrando que apesar de ter apresentando, anteriormente, uma significância estatística com relação a espessura, a equação obtida através do modelo não é preditiva.

A Figura 4.21 mostra que os resultados não são compatíveis com o modelo ajustado, sendo evidenciado na Figura 4.22, onde os resíduos não estão distribuídos de forma aleatória.

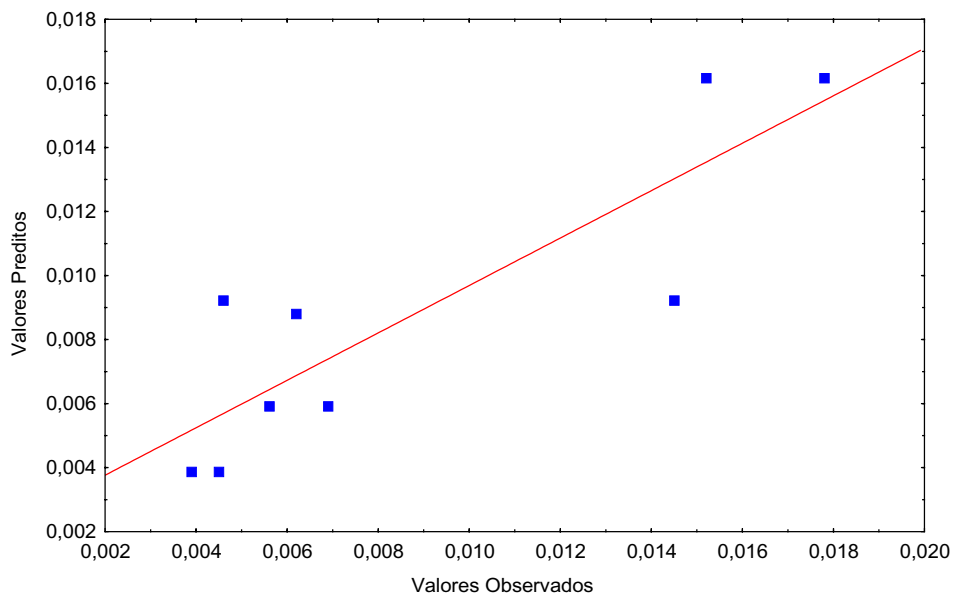


Figura 4.21. Valores observados versus valores preditos para a cte de secagem no 1º período no hepatopâncreas.

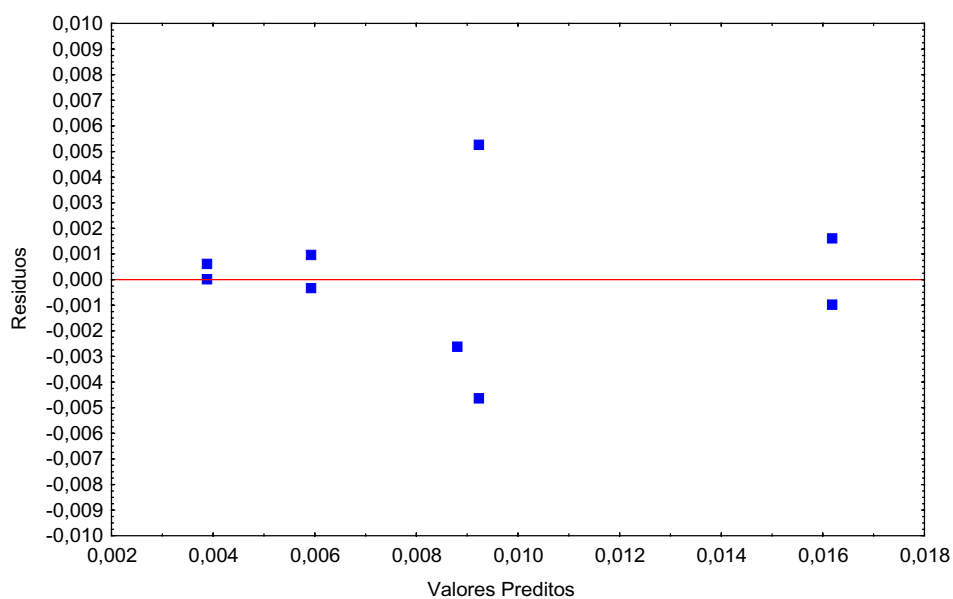


Figura 4.22. Distribuição dos resíduos para a cte. de secagem para o 1º período no hepatopâncreas.

No segundo período de taxa decrescente a Tabela 4.30 fornece uma variação explicada da regressão de 81,94% para uma variação máxima explicada de 93,79%. O coeficiente de

correlação apresentou-se pouco satisfatório em relação aos resultados preditos pelo modelo. A razão do F calculado com o F tabelado para 95% de confiança é 2,94, mostrando a não significância estatística, conseqüentemente, a equação obtida não é preditiva. A Figura 4.23 mostra que a qualidade do ajuste do modelo não foi muito boa.

Na Figura 4.24 ilustra uma certa tendência na distribuição dos resíduos, indicando uma não aleatoriedade. A razão  $MQ_{faj}/MQ_{ep} = 3,33$  é inferior quando comparado a o F tabelado,  $F_{1,5} = 7,71$ , dentro do limite de confiança de 95%.

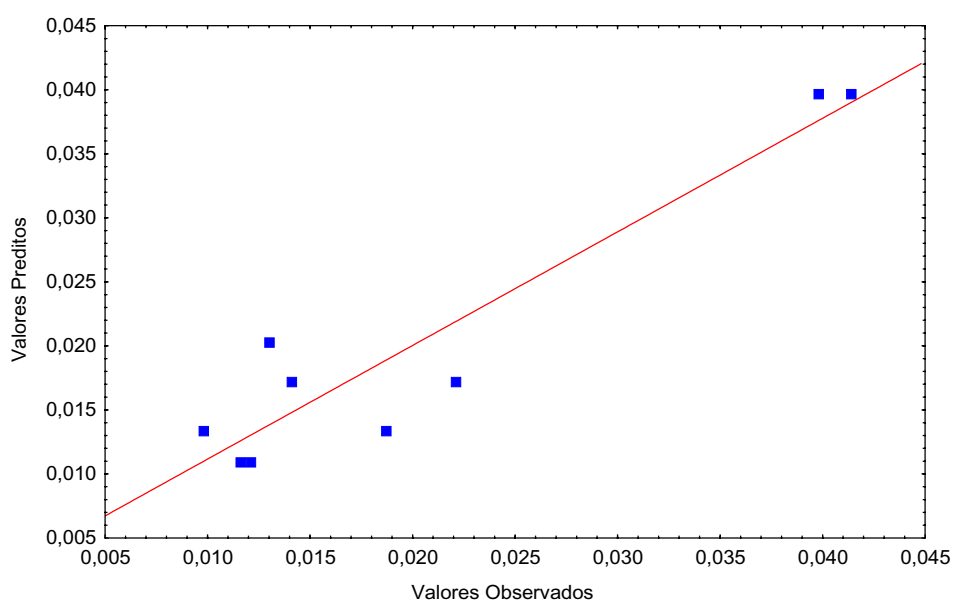


Figura 4.23. Valores observados versus valores preditos para a cte de secagem no 2º período no hepatopâncreas.

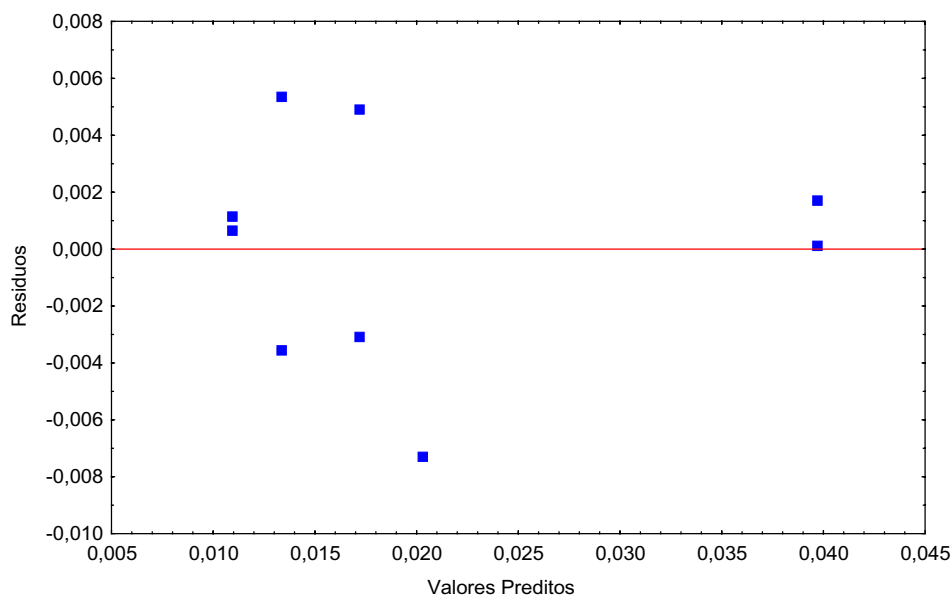


Figura 4.24. Distribuição dos resíduos para a cte. de secagem para o 2º período no hepatopâncreas.

De acordo com as análises de variância, os modelos ajustados apresentaram uma boa significância estatística para a taxa de evaporação da carne e do hepatopâncreas, tendo como preditivas as equações obtidas, reproduzindo assim as observações experimentais.

Era esperado à falta de ajuste dos modelos estatísticos lineares utilizados. Tendo os modelos fenomenológicos baseados em considerações físicas, o período de taxa decrescente prever uma relação não linear entre a variável dependente, constante de secagem e as variáveis de entrada, temperatura e espessura da camada. Considerando ainda, o modelo difusional Fickiano, a constante de secagem é inversamente proporcional ao quadrado da espessura. O encolhimento pode provocar o afastamento desta relação, que possivelmente, não será linear. A temperatura, também influencia na constante através do coeficiente de difusão, que aumenta com a temperatura através de uma equação do tipo Arrhenius. Aliado a essas considerações, temos ainda os fatores como: aparecimento de fissuras, encolhimento e formação de uma crosta sobre a superfície exposta, que resulta na improbabilidade de um modelo completamente linear tenha sucesso na representação adequada da evolução do sistema e dos efeitos das variáveis sobre o mesmo. Entretanto, os resultados obtidos mediante a análise estatística são em geral aceitáveis, com relações preditivas, que apresentam um ajuste razoável.

### 4.4.3 – Análise das superfícies de resposta

Os modelos para a taxa de evaporação na carne e no hepatopâncreas e os valores encontrados para o F tabelado dos mesmos mostraram-se estatisticamente significativos, tendo sua variância, em relação ao modelo ajustado, maior que o não explicado. Desta forma, pode-se gerar as superfícies de resposta.

A figura 4.25 mostra a superfície de resposta para a taxa de evaporação na carne do escargot, em relação às duas variáveis independentes estudadas.

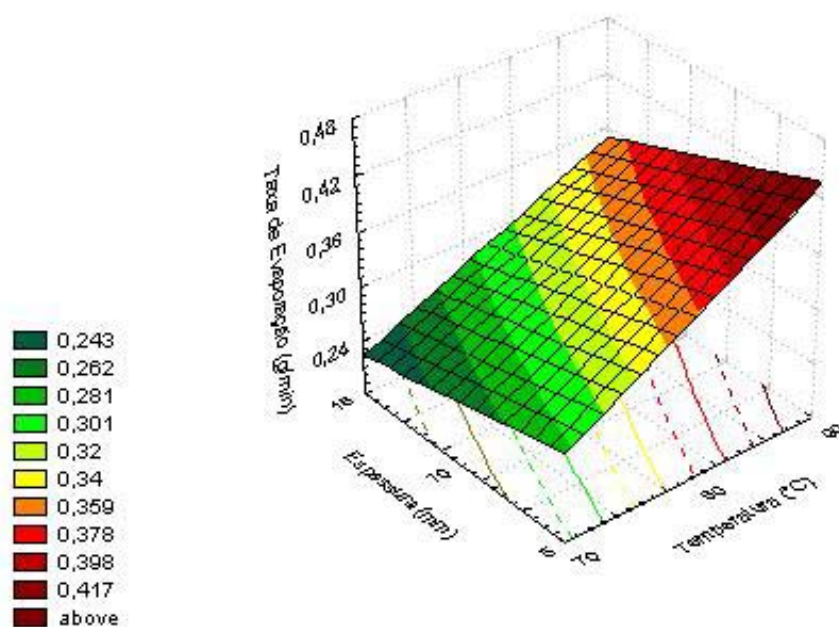


Figura 4.25. Superfície de resposta para a taxa de evaporação na carne de escargot.



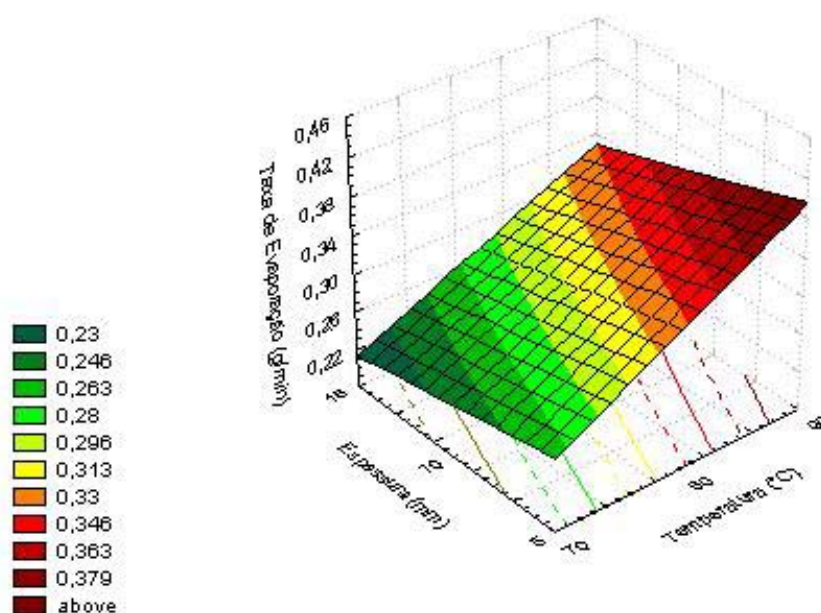


Figura 4.26. Superfície de resposta para a taxa de evaporação no hepatopâncreas.

Como foi visto no item 4.4.1.1 a influência da espessura e temperatura é negativa e positiva, respectivamente. A superfície nos mostra que para valores menores de espessura a taxa de evaporação aumenta em consequência da diminuição do caminho difusional. A medida que se aumenta a temperatura também se observa uma melhora, pois favorece um secagem mais rápida. Um comportamento semelhante é visto na Figura 4.26 para o hepatopâncreas.

---

**Capitulo 5**  
**Conclusões e Sugestões**

---

## 5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES

### 5.1 - Conclusões

#### **Análises Físico-químicas e Microbiológicas:**

- Tanto o escargot quanto o hepatopâncreas apresentam elevado valor nutricional, principalmente no que se refere aos teores de proteínas, que é reforçado pelos aminoácidos presentes nos mesmos. Apesar das perdas de proteínas decorrentes do processamento térmico, os produtos desidratados, apresentam elevado valor agregado tanto em proteínas, como em lipídeos e minerais.
- A análise microbiológica mostrou que a secagem favoreceu a eliminação dos Coliformes fecais, que são indicadores de contaminação, garantido um produto desidratado seguro microbiologicamente e apto para ser reaproveitado como suplemento alimentar.

#### **Secagem:**

- As taxas de evaporação teve um efeito esperado em relação a temperatura e espessura da amostra, indicando, para a espessura, um controle misto da transferência de massa dificultado pelas camadas mais espessas. O predomínio da resistência externa à transferência de calor e massa é indicado pela maior influência da temperatura no período de taxa constante.
- Para o 2º período de taxa decrescente, de uma forma geral, a temperatura e a espessura influenciaram nos valores encontrados para a constante aumentando e diminuindo respectivamente, sendo este efeito menos evidenciado para o hepatopâncreas.

#### **Análise Estatística dos Resultados:**

- No período de taxa constante, os efeitos da temperatura e espessura, embora insuficientes para promover uma taxa variável de secagem, promoveriam quando conjugados menores taxas de evaporação nas espessuras maiores. Por outro lado, as

taxas de evaporação e os efeitos de temperatura e espessura são praticamente os mesmos tanto para a carne do escargot quanto para o hepatopâncreas, confirmando assim a hipótese de resistência externa predominante.

- Durante o processo de secagem, o surgimento de fissuras, o encolhimento da área de transferência e a formação de uma crosta sobre a superfície exposta podem ter contribuído para o afastamento dos modelos estatísticos lineares utilizados, como também pela falta de ajuste observada.
- As análises das superfícies de resposta mostraram que os melhores resultados para a taxa de evaporação são obtidos para uma temperatura de 90 °C e uma espessura de 5 mm.

### **Os Produtos Desidratados:**

- Os resultados obtidos neste trabalho mostram que é viável desidratar a carne e o hepatopâncreas do escargot em estudo, merecendo entretanto se estudar outra técnica de secagem.

## **5.2 – Sugestões para trabalhos futuros**

- Realizar ensaios de secagem utilizando outras técnicas, tal como a secagem em leito de jorro;
- Análise de viabilidade econômica do processo de reaproveitamento dos subprodutos da industrialização do escargot;
- Adicionar os desidratados obtidos a produtos já existentes no mercado, tipo pão, biscoitos, patês, etc;
- Realizar análise sensorial destes produtos;
- Realizar o estudo de vida de prateleira.

---

## **Bibliografia**

---

## 6 - BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, J. M. A. *Química de Alimentos – Teoria e Prática*, 2ª ed. Editora UFV, 2001.

BARBOSA, A. F., SALGADO, N. C. Quando o escargot vira praga, *Rev. Ciência Hoje*, v. 30, n. 175, p 51-53, setembro/2001.

BARNI, A. C., GUERRA, A.S., ROVERSI, R.M., FONTOURA, P.S.G., FREITAS, J.S. *Composição básica e nutricional da carne de escargot*. 6º Congresso Brasileiro de higienistas de alimentos, 2001, Guarapari - Espírito Santo, *Resumo, Rev. Higiene Alimentar*, v 15 n 80/81, p 104, 2001.

BARRET, N. & FANE, A. *Drying Liquid Materials in a Spouted Bed*. Drying'89, Canadá: Hemisphere, 1989.

CIRELLI, K.R.N., OETTERER, M., PORTELA, F.F. C. *Caracterização nutricional, sanitária e sensorial do aruá (pomacea lineata (Spix, 1827))*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v 13, n 2, p 151 – 163, jul/dez, 1993.

CRUESS, W.V. *Produtos industriais de frutas e hortaliças*. Vol. 1. Editora Edgar Blucher Ltda. São Paulo, 1973.

DA MATA, A.L.M.L., LIMA, M.F.M. *Produção de alimentos desidratados utilizando secagem em leito de jorro*. – Relatório de Pesquisa, 1999.

EVANGELISTA, J. *Tecnologia de alimentos*. 2º Ed. Editora Atheneu, 1998.

FOUST, A.S., WENZEL, L.A., CLUMP, C.W., MAUS, L., ANDERSEN, L.B., *Princípio das operações unitárias*. 2º Ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A., 1982.

ICMSF, 1976

- LIMA; M.F.M.S., PACHÊCO,P. Escargot sem Preconceito. *Rev. Pesquisa FAPESP*. nº 51, p. 32-34, março/2000.
- LIMA, L: M. O., *Estudo do aproveitamento de bagaço de frutas tropicais, visando a extração de fibras*, 2001, 108f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- MEDEIROS, M.F.D., JERÔNIMO, C.E.M., MEDEIROS, U.K.L., SANTOS, I.J., MAGALHÃES, M.M.A., MATA, A.L.M.L. Desidratação de Subprodutos da industrialização do escargot. Congresso de Iniciação Científica, 2000, Natal.
- MUJUNDAR, A.S. *Handbook of industrial drying*. 2º Ed. New York: Marcel Dekker Inc., 1989, v 1.
- NETO, B. B., SCARMINIO, I. S., BRUNS, R. E. *Planejamento e Otimização de Experimentos*, 2ª ed., São Paulo: Ed. UNICAMP, 1996.
- NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 3º Ed., São Paulo: 1985, v 1.
- PARK, K.J. *Estudo comparativo de coeficiente de difusão sem e com encolhimento durante a secagem*. 1987, 58f, Tese - Departamento de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, UNICAMP, Campinas.
- RODRIGUES, A.M.C., TOBINAGA, S. Secagem em leito de jorro de pasta de merluza (*merluccius gayigayi*): propriedades funcionais. p 541-546, 2000.
- SALDANHA, T., GASPAR, A., SANTANA, D. M. N. Composição centesimal da carne de escargot (*achatina fulica*) criado em Iguape, SP. *Rev. Higiene Alimentar*, v.15, n.85, p.69-74, 2001.

SILVA, D. J. *Análise de Alimentos – Métodos Químicos e Biológicos*. 2ª ed. Editora UFV, 1998

SHAWIK, D., TAPASH, D., RAO, S., JAIN, R.K. Development of an air recirculating tray dryer for high moisture biological materials. *Journal of Food Engineering*, v 50, p 223 – 227, 2001

SOUSA, L.S., GASPAR, A., SILVA, A.T. Determinação do peso de abate, através da avaliação composicional da carne de escargot da espécie *helix aspersa máxima* (Gros-gris). 6º Congresso Brasileiro de higienistas de alimentos, 2001, Guarapari - Espírito Santo, *Resumo, Rev. Higiene Alimentar*, v 15 n 80/81, p 92, 2001.

SPECK, M.L. *Compendium of methods of the microbiological examination of foods*, A.P.H.A., 1976.

STRUMILLO, C., KUDRA, T. *Drying: principles, applications and design*. New York: Gordon and Breach Science Publishers, 1986, v. 3.

[http://orbita.starmedia.com/fabio\\_geber/Conhecer.htm](http://orbita.starmedia.com/fabio_geber/Conhecer.htm)

<http://intermega.globo.com/helicultura/apacescargot.html>

<http://www.geocities.com/Eureka/Concourse/2325/portugues.htm>



---

## **Anexo**

---

**APÊNDICE I - TABELAS ESTATÍSTICAS****ESCARGOT****1º Período de Taxa Decrescente**

Tabela I.1. Tabela estatística para a carne do escargot no 1º período de taxa decrescente.

$R^2$ : 0,80442; Adj: 0,70663

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>Nº de Graus de Liberdade</b>	<b>Média Quadrática</b>
<b>Regressão</b>	0,000455	3	0,000152
<b>Resíduos</b>	0,000111	6	0,000019
<b>Falta de Ajuste</b>	0,000020	1	0,000020
<b>Erro Puro</b>	0,000091	5	0,000018
<b>Total</b>	0,000566	9	

**Período de Taxa Constante**

Tabela I.2. Tabela estatística para a carne do escargot no período de taxa constante.

$R^2$ : 0,95325; Adj: 0,92987

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>Nº de Graus de Liberdade</b>	<b>Média Quadrática</b>
<b>Regressão</b>	0,051168	3	0,017156
<b>Resíduos</b>	0,00251	6	0,000418
<b>Falta de Ajuste</b>	0,000159	1	0,000159
<b>Erro Puro</b>	0,002351	5	0,0004702
<b>Total</b>	0,053678	9	

**HEPATOPÂNCREAS****1º Período de Taxa Decrescente**

Tabela I.3. Tabela estatística para o hepatopâncreas no 1º período de taxa decrescente.

$R^2$  = 0,74058; Adj: 0,58493

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>Nº de Graus de Liberdade</b>	<b>Média Quadrática</b>
<b>Regressão</b>	0,000174	3	0,000058
<b>Resíduos</b>	0,000061	5	0,000012
<b>Falta de Ajuste</b>	0,000008	1	0,000008
<b>Erro Puro</b>	0,000053	4	0,000013
<b>Total</b>	0,000235	8	

**2º Período de Taxa Decrescente**

Tabela I.4. Tabela estatística para o hepatopâncreas no 2º período de taxa decrescente.

$R^2 = 0,88711$ ; Adj: 0,81937

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>Nº de Graus de Liberdade</b>	<b>Média Quadrática</b>
<b>Regressão</b>	0,001043	3	0,000348
<b>Resíduos</b>	0,000133	5	0,000022
<b>Falta de Ajuste</b>	0,000060	1	0,000060
<b>Erro Puro</b>	0,000073	4	0,000018
<b>Total</b>	0,001176	8	

**Período de Taxa Constante**

Tabela I.5. Tabela estatística para o hepatopâncreas no período de taxa constante.

$R^2 = 0,97232$ ; Adj: 0,95572

<b>Fonte de Variação</b>	<b>Soma Quadrática</b>	<b>Nº de Graus de Liberdade</b>	<b>Média Quadrática</b>
<b>Regressão</b>	0,038931	3	0,012977
<b>Resíduos</b>	0,001108	5	0,000222
<b>Falta de Ajuste</b>	0,000122	1	0,000122
<b>Erro Puro</b>	0,000986	4	0,000247
<b>Total</b>	0,040039	8	